

6

Referências Bibliográficas

- 1 BATHE, K.J. **Finite Elements Procedures**. Editora Prentice-Hall, 1996. pp.485-640.
- 2 Benjamin, A.C. & Andrade, E.Q., 2005. Projeto 601295 “**Avaliação de Dutos Corroídos com Defeitos Curtos**” Especificação 13 (Revisão 2): Procedimento para Definição da Estratégia de Aplicação do Carregamento em Análises de Ruptura de Espécimes Tubulares com Defeitos Curtos de Corrosão usando Elementos Finitos.
- 3 Souza, R.D., 2003. **Avaliação Estrutural de Dutos com Defeitos de Corrosão Reais**. Pós- Graduação em Engenharia Mecânica, PUC-Rio, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 112f.
- 4 ASME, ASME-B31G—**Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines**—A Supplement to ANSI/ASME B31 Code for Pressure Piping, The American Society of Mechanical Engineers, New York, (1991).
- 5 Kiefner, J.F.; Vieth, P.H., 1989. **A Modified Criterion for Evaluating the Remaining Strength of Corroded Pipe**. Contract PR-3-805, Pipeline Research Council International, Inc, American Gas Assotiation, Catalog No. L51688Hbe.
- 6 DNV, **Corroded Pipelines—Recommended Practice RP-F101**, Det Norske Veritas, Høvik, Norway, (1999).
- 7 API Specification 5L. **Specification for Line Pipe**, 43rd edition, American Petroleum Institute, Washington, DC (2004).

- 8 Benjamin AC, Freire JLF, Vieira RD. **“Analysis of Pipeline Containing Interacting Corrosion Defects”** A series on Applications of Experimental Techniques in the Field of Pipeline Integrity, Experimental Techniques May-June, Vol. 31, No. 3, 74-82, (2007).
- 9 Benjamin, A. C.; Vieira, R. D.; Freire, J. L. F.; Castro, J. T. P., **“Burst Tests on Pipeline with Long External Corrosion”**, International Pipeline Conference – Volume 2, ASME, 2000.
- 10 Benjamin, A.C.; Andrade, E.Q.; Noronha, D.B., **“Finite Element Models for the Prediction of the Failure Pressure of Pipelines with Long Corrosion Defects”**, International Pipeline Conference, ASME IPC 2002, IPC02 27191, Calgary, 2002.b
- 11 DINIZ, J. L. C., **“Resistência de Dutos com Defeitos Usinados”**, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Mecânica, PUC/RIO, Dissertação de Mestrado, 97p., Rio de Janeiro, 2002.
- 12 Benjamin, A.C. & Andrade, E.Q., 2003. **Predicting the Failure Pressure of Pipelines Containing Non Uniform Depth Corrosion Defects Using the Finite Element Method**. 22nd International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE2003-37072).
- 13 Benjamin, A. C.; Andrade, E. Q., **“Structural Evaluation of Corrosion Defects in the Pipelines: Comparision of FE Analyses and Assesment Methods”**, Proc. 14Pp International Offshore and Polar Engineering Conference, ISBN 1 880653-62-1, ISSN 1098-6189, Toulon, 2004.
- 14 Choi, J. B.; Goo, B. K.; Kim, J.C.; et al., **“Development of Limit Load Solutions for Corroded Gas Pipelines”**, Int. J. Pres. Ves. Piping, v.80, p.121-128, (2003).
- 15 Guimarães, A. C. B., **“Avaliação Simplificada da Capacidade de Carga de Dutos Corroídos”**, Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, UFPR, Dissertação de Mestrado, 107p, 2005.

- 16 Benjamin, A.C., and Cunha, D.J.S., **“New Method For The Assessment of Colonies of Corrosion Defects”** Journal of Pipeline Integrity, Quarter 3, 145–161 (2006).
- 17 P.M. Fontes, J.L.F. Freire. **“Novo Método Para Previsão de Ruptura de Colônias de Corrosão”** Projeto de Graduação, (2009).
- 18 Benjamin, A.C., and Cunha, D.J.S., **“New Method for the Prediction of the Failure Pressure of Interacting Corrosion Defects”** Seventeenth International Offshore and Polar Engineering Conference, Lisbon, Portugal, (2007).
- 19 Kennedy, J.L., 1993. **Oil and Gas Pipeline Fundamentals**. Penn Well Publishing Company, 2^{da} edição, Tulsa, Oklahoma.
- 20 Hopkins, P., 2002. **Training Engineers in Pipeline Integrity**. Western Regional Gas Conference, Arizona, EUA, pp 1-9.
- 21 Kiefner, J.F., and Vieth, P.H., **“Evaluating pipe conclusion: PC program speeds new criterion for evaluating corroded pipe,”** Oil & Gas Journal 88(34):91–93 (1990). Kiefner, J.F., and Vieth, P.H., **“Evaluating pipe conclusion: PC program speeds new criterion for evaluating corroded pipe,”** Oil & Gas Journal 88(34):91–93 (1990).
- 22 Cosham, A.; Hopkins, P. **PDAM The Pipeline Defect Assessment Manual**, A Report to the PDAM Joint Industry Project, Andrew Palmer and Associates, Draft Final Report, nov. 2001.
- 23 J.L.F. Freire; **Engenharia de Dutos**. ABCM, 2009.
- 24 Benjamin, A.C., Freire, J.L.F., Vieira, R.D., and Andrade, E.Q., **“Burst tests on pipeline containing closely spaced corrosion defects,”** Proceedings of the 25th International Conference on Off- shore Mechanics and Arctic Engineering, OMAE 2006, American Society for Mechanical Engineers—ASME, New York, June, 4–9, Hamburg, Germany (2006).

- 25 Cabral , H.D.L, 2007. **Desenvolvimento de Ferramentas Computacionais para Modelagem e Análise Automática de Defeitos de Corrosão em Dutos.** Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFPE, Recife, Dissertação de Mestrado, 140f.
- 26 Andrade, E.Q.; Benjamin, A.C.; Machado Jr., P.R.S.; Pereira, L.C.; Jacob, B.P.; Carneiro, E.G.; Guerreiro, J.N.C.; Noronha Jr., D.B., 2006. **Finite Element Modeling of the Behavior of Pipelines Containing Interacting Corrosion Defects.** 25th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE2006-92600), Hamburg, Germany.
- 27 ANSYS 12. Ansys Release 9.0 Documentation: **Operations Guide (Chapter3) and Structural Guide (Chapter 8).** <<http://www.ansys.com>>, (2010).
- 28 Freire, J.L.F., Vieira, R.D., Castro, J.T.P. and Benjamin, A.C., **“Burst tests of pipeline with extensive longitudinal metal loss,”** Experimental Techniques 30(6):60–65 (2006).
- 29 HAN, W.; REDDY, B. D., **“Plasticity – Mathematical Theory and Numerical Analysis”**, Springer-Verlag, New York, 1999. HAN, W.; REDDY, B. D., **“Plasticity – Mathematical Theory and Numerical Analysis”**, Springer-Verlag, New York, 1999.
- 30 Fu P, Kirkwood MG (1995) **Predicting failure pressure of internally corroded linepipe using the finite element method.** OMAE-vol. V, pipeline technology. ASME, 175–184.
- 31 Freire, J.L.F., Vieira, R.D., and Benjamin, A.C., **“Experimental strain analysis of metal loss defects in pipeline,”** Experimental Techniques 30(5):42–47 (2006)

A

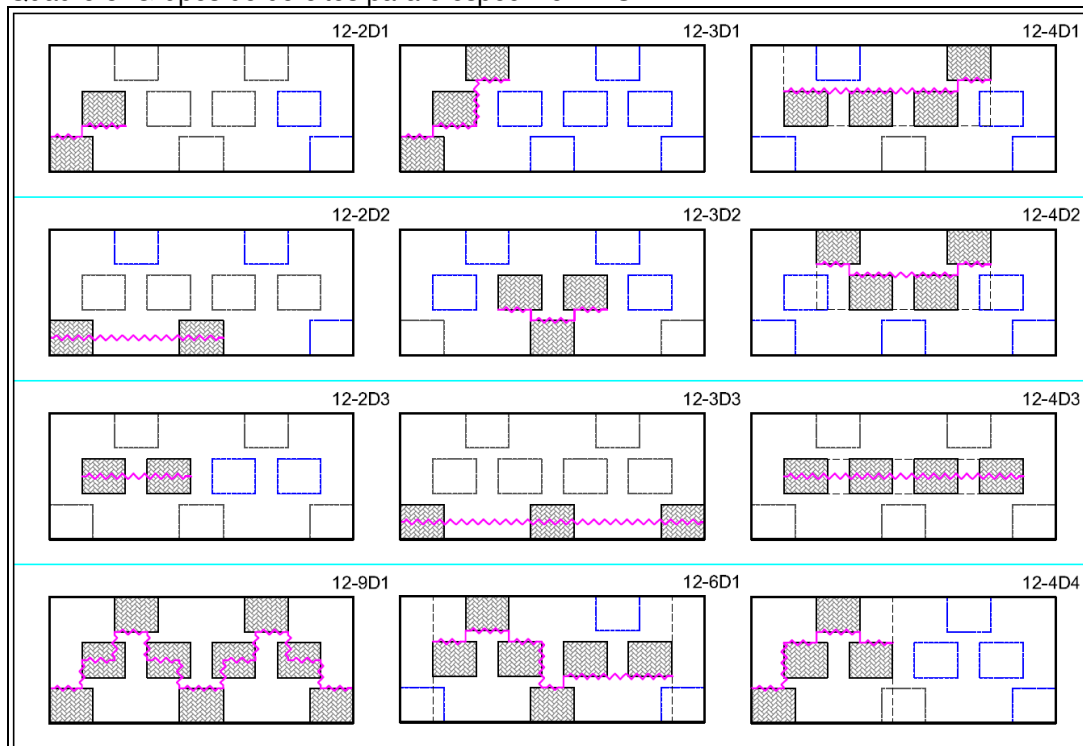
APÊNDICE

A.1

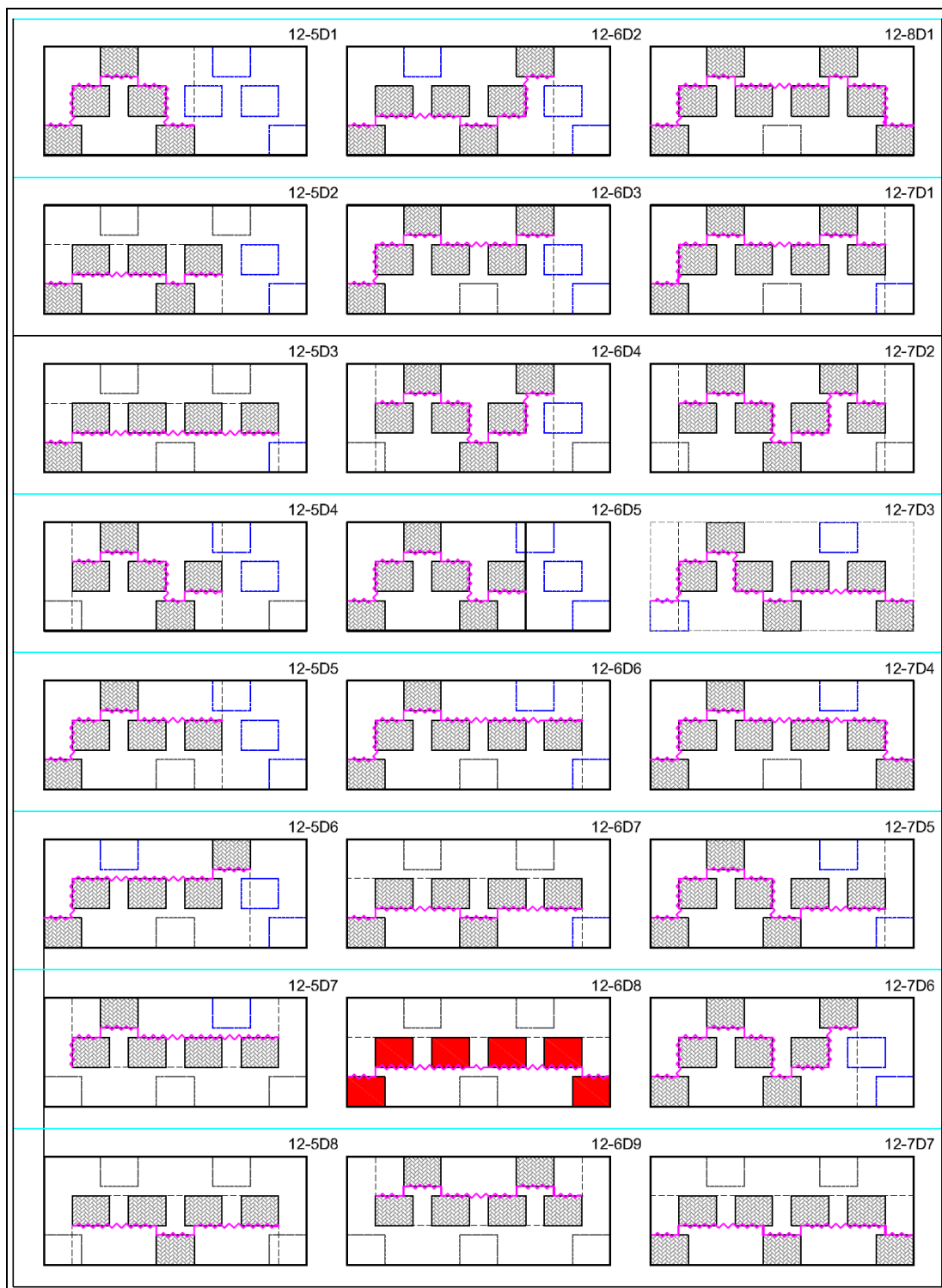
LOR para o Espécime IDTS12

Foi realizada uma análise de todas as linhas ortogonais LOR para o espécime IDTS12. Dentro da colônia de defeitos (09 defeitos retangulares neste caso) são traçadas linhas ortogonais LOR para um grupo de defeitos (2,3,...,9) no qual se deseja saber a pressão de ruptura segundo o método apresentado na seção (2.7.1). A seguir são mostrados as possíveis LOR e os grupos de defeitos interagindo para o espécime IDTS12:

Quadro 8: Grupos de defeitos para o espécime IDTS-12



Continuação...



Onde 12-6Di, representa o seguinte: 12 é o espécime IDTS 12, 6D seis defeitos e para $i=k$ é a k -ésima possível LOR com seis defeitos. ($i=1,2,\dots,k,\dots,9$ neste caso). Também são mostrados os defeitos que interagem em cor vermelho junto com as LOR para a menor pressão de falha calculada segundo a metodologia apresentada na seção (2.7.1); esta pressão foi de 20.007MPa com um fator de $f=2$ para a configuração com seis defeitos 12-6D8.

A.2

Previsão das Pressões Segundo o Método MLOR

A Tabela 8 apresenta as previsões das pressões segundo o método MLOR para os espécimes IDTS. O cálculo das pressões de falha para os grupos de defeitos de cada espécime IDTS foi realizado por uma rotina feita no programa comercial MATLAB; esta rotina segue o procedimento de cálculo do método MLOR do capítulo (2.7.1). Observe-se que para o espécime IDTS-12 somente são apresentadas as previsões de 11 pressões mais críticas de um total de 33 previsões de pressão de falha para cada caso.

A terceira coluna (N.D) da Tabela 8 representa a quantidade de defeitos (ou grupo de defeitos) para o qual se deseja saber a pressão de falha; a letra que acompanha o número de defeitos tem significado especial. Por exemplo, "**2a**": o número dois "**2**" indica quantidade de defeitos e a letra "**a**" defeitos **alinhados**. Então faz-se uma descrição geral das letra que acompanha a os números: a - alinhados longitudinalmente, A -alinhados longitudinalmente (defeitos mas afastados entre eles), d -não alinhados, v- distribuição de defeitos em v, e - alinhados tipo escada, m -misto (longitudinal + {escada ou circunferencial}), s - superior misto, i -inferior misto.

Tabela 8: Resultados segundo o método MLOR

N	ESPÉCIME	N.D	NOVO MÉTODO NMP-LOR				PRESSÃO TESTE	TIPO DE FALHA
			F=0.5	F=1	F=2	F=3.33		
1	IDTS-2	1	21.980	21.980	21.980	21.980	22.680	INDIVIDUAL
2	IDTS-3	1	22.068	22.068	22.068	22.068	20.310	TOTAL
3		2	19.143	19.143	19.143	19.143		
4	IDTS-4	1	21.660	21.660	21.660	21.660	21.140	INDIVIDUAL
5		2	23.084	23.084	23.084	23.084		
6	IDTS-5	1	21.951	21.951	21.951	21.951	20.870	TOTAL
7		2	19.533	20.161	21.042	21.783		
8	IDTS-6	1	21.980	21.980	21.980	21.980	18.660	TOTAL/PARCIAL
9		2a	19.026	19.026	19.026	19.026		
10		2d	19.548	20.151	21.007	21.738		
11		3	17.530	18.500	19.812	20.876		
12	IDTS-7	1	22.151	22.151	22.151	22.151	18.770	TOTAL/PARCIAL
13		2a	19.254	19.254	19.254	19.254		
14		2d	19.843	20.416	21.228	21.919		
15		3	17.899	18.832	20.089	21.101		
16	IDTS-8	1	24.561	24.561	24.561	24.561	24.200	INDIVIDUAL
17	IDTS-9	1	24.513	24.513	24.513	24.513	23.060	TOTAL/PARCIAL
18		2	22.922	23.207	23.641	24.040		
19		3	22.261	23.072	23.945	24.516		
20	IDTS-10	1	24.542	24.542	24.542	24.542	23.230	PARCIAL
21		2a	22.295	22.295	22.295	22.295		
22		2d	22.990	23.271	23.697	24.089		
23		3v	21.572	22.084	22.814	23.440		
24	IDTS-11	3e	22.337	23.133	23.989	24.547	21.260	PARCIAL
25		1	24.538	24.538	24.538	24.538		
26		2a	22.287	22.287	22.287	22.287		
27		2A	22.789	22.789	22.789	22.789		
28		2d	22.948	23.266	23.693	24.085		
29		3v	21.575	22.087	22.817	23.444		
30		3e	22.340	23.135	23.991	24.549		
31		3m	21.514	21.772	22.206	22.660		
32		4	20.601	20.601	20.601	20.601		
33	IDTS-12	5	20.809	22.011	23.259	24.051	20.160	PARCIAL
34		1	24.622	24.622	24.622	24.622		
35		2a	22.461	24.461	22.461	22.461		
36		2A	22.915	22.915	22.915	22.915		
37		2d	23.139	23.401	23.799	24.167		
38		3e	21.777	22.256	22.944	23.538		
39		3a	22.403	22.403	22.403	22.403		
40		4a	20.246	20.246	20.246	20.246		
41		6s	19.250	19.856	20.789	21.660		
42		6i	19.309	19.559	20.007	20.512		
43		7i	18.892	19.392	20.205	21.017		
44		9	20.608	21.839	23.130	23.955		

A Tabela 8 mostra a previsão das Pressões de fala segundo o método MLOR utilizando os fatores 0,5, 1, 2 e 3.33, a terceira coluna indica o grupo de defeitos interagindo; da quarta à oitava colunas são mostrados os valores de pressão de falha (em Mpa), na oitava coluna mostra-se as pressões do teste experimental e a última coluna mostra o tipo de falha para cada espécime IDTS.

A.3 Fator de Resistência Remanescente C

A Figura A3.1 mostra uma porção de um duto com três defeitos. A linha tracejada representa a LOR (a-b-c-d-e-f-g-h-k), mostra-se (à direita) metade superior cortada imaginariamente pela LOR.

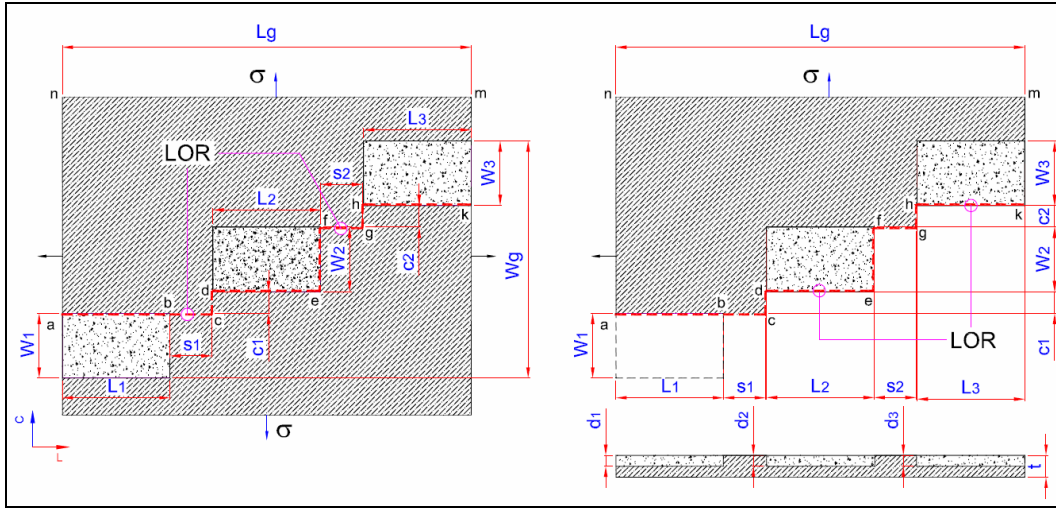


Figura A3.1: Interação entre três defeitos

Então tem-se que a força que atua na face (m-n) deve ser equilibrada pela soma de forças nas faces (a-b), (b-c), (c-d), (d,e), (e-f), (f-g), (g,h), (h,k):

$$F_{m-n} = F_{a-b} + F_{b-c} + F_{c-d} + F_{d-e} + F_{e-f} + F_{f-g} + F_{g-h} + F_{h-k} \quad (\text{A.3.1})$$

$$\sigma_{m-n} A_{m-n} = \sigma_{a-b} A_{a-b} + \sigma_{b-c} A_{b-c} + \sigma_{c-d} A_{c-d} + \sigma_{d-e} A_{d-e} + \sigma_{e-f} A_{e-f} + \sigma_{f-g} A_{f-g} + \sigma_{g-h} A_{g-h} + \sigma_{h-k} A_{h-k} ,$$

$$\sigma_c . L_g . t = S_u . L_1 . (t - d_1) + S_u . s_1 . t + \frac{S_u}{2} . c_1 . t + S_u . L_2 . (t - d_2) + \frac{S_u}{2} . W_2 . (t - d_2) + S_u . s_2 . t + \frac{S_u}{2} . c_2 . t + S_u . L_3 . (t - d_3) ,$$

$$\sigma_c = \frac{S_u}{L_g} \left(L_1 . \left(1 - \frac{d_1}{t}\right) + L_2 . \left(1 - \frac{d_2}{t}\right) + L_3 . \left(1 - \frac{d_3}{t}\right) + s_1 + s_2 + \frac{1}{2} (c_1 + c_2 + W_2) \right) ,$$

$$\frac{p . D}{2t} = \frac{S_u}{L_1 + L_2 + L_3 + s_1 + s_2} \left(L_1 . \left(1 - \frac{d_1}{t}\right) + L_2 . \left(1 - \frac{d_2}{t}\right) + L_3 . \left(1 - \frac{d_3}{t}\right) + s_1 + s_2 + \frac{1}{2} (c_1 + c_2 + W_2) \right) ,$$

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{2t}{D} S_u \frac{1}{L_1 + L_2 + L_3 + s_1 + s_2} \left(L_1 \cdot \left(1 - \frac{d_1}{t}\right) + L_2 \cdot \left(1 - \frac{d_2}{t}\right) + L_3 \cdot \left(1 - \frac{d_3}{t}\right) + s_1 + s_2 + \frac{1}{2} (c_1 + c_2 + W_2) \right), \\ p &= \frac{2t}{D} S_u \cdot C \end{aligned} \right\} (\psi)$$

compara-se as equações (ψ) , logo obtém-se o fator de resistência remanescente:

$$C = \frac{1}{L_1 + L_2 + L_3 + s_1 + s_2} \left(L_1 \cdot \left(1 - \frac{d_1}{t}\right) + L_2 \cdot \left(1 - \frac{d_2}{t}\right) + L_3 \cdot \left(1 - \frac{d_3}{t}\right) + s_1 + s_2 + \frac{1}{2} (c_1 + c_2 + W_2) \right)$$

Observa-se que um fator de $f = 1/2$ multiplica o comprimento circunferencial c , este fator correspondendo à seção (c-d). Nesta seção considerou-se que somente agia uma tensão cisalhante máxima $\tau_{\max \text{ cisalhante}} = \frac{S_u}{2}$.

Então reescreve-se a equação:

$$C = \frac{1}{L_1 + L_2 + L_3 + s_1 + s_2} \left(L_1 \cdot \left(1 - \frac{d_1}{t}\right) + L_2 \cdot \left(1 - \frac{d_2}{t}\right) + L_3 \cdot \left(1 - \frac{d_3}{t}\right) + s_1 + s_2 + f \cdot (c_1 + c_2 + W_2) \right),$$

Segundo a DNV RP F-101 e para $L \rightarrow \infty \Rightarrow M \rightarrow \infty$ tem-se:

$$C = \frac{1 - \frac{d_g}{t}}{1 - \frac{d_g}{t \cdot M}} = 1 - \frac{d_g}{t}, \text{ compara-se as equações de } C, \text{ logo:}$$

$$1 - \frac{d_g}{t} = \frac{1}{L_1 + L_2 + L_3 + s_1 + s_2} \left(L_1 \cdot \left(1 - \frac{d_1}{t}\right) + L_2 \cdot \left(1 - \frac{d_2}{t}\right) + L_3 \cdot \left(1 - \frac{d_3}{t}\right) + s_1 + s_2 + f \cdot (c_1 + c_2 + W_2) \right)$$

$$d_g = t - \frac{t}{L_g} \left(L_1 \cdot \left(1 - \frac{d_1}{t}\right) + L_2 \cdot \left(1 - \frac{d_2}{t}\right) + L_3 \cdot \left(1 - \frac{d_3}{t}\right) + s_1 + s_2 + f \cdot (c_1 + c_2 + W_2) \right) \quad (2.7.18A3)$$

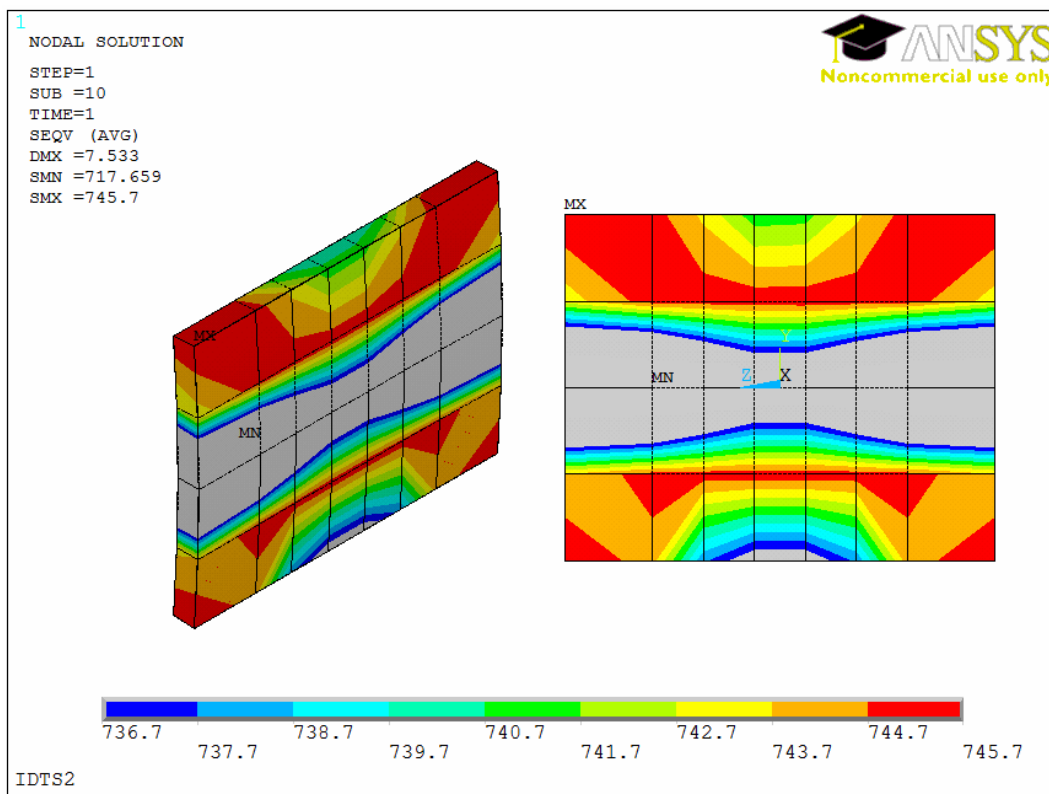
onde $L_g = L_1 + L_2 + L_3 + s_1 + s_2$ e tendo a **espessura efetiva** d_g da equação (2.7.18A3). Finalmente pode-se utilizar o método MLOR para a previsão da pressão de falha de colônias de corrosão interagindo, seguindo o procedimento de cálculo apresentado na Seção 2.7.

A.4

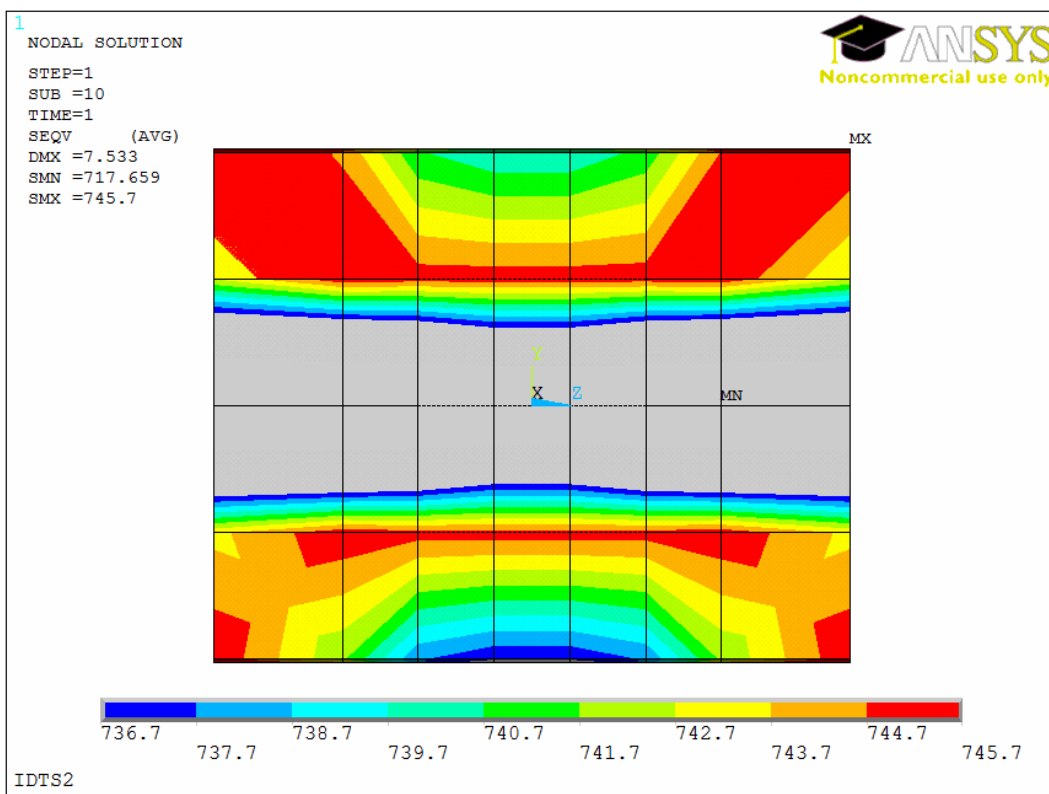
Tensões de von Mises para a Primeira e Última Camada

Neste apêndice são apresentados os resultados obtidos na simulação numérica utilizando o método de elementos finitos, feita no ANSYS, para os onze espécimes IDTS. Se mostram duas escalas, isto com objetivo de ter uma melhor visualização da distribuição tensões máximas de von Mises. Por exemplo para o primeiro grupo tem-se uma escala de nove cores desde a cor azul (mínimo) até cor vermelho (maximo). Estas nove cores correspondem às tensões de 736.7MPa (mínima) até 745.7MPa (maximo) com incrementos de 1MPa. A outra escala para a visualização das tensões é semelhante; a única diferença está nos incrementos das tensões, estes são 10MPa em 10MPa para cada cor, como se observa nas figuras apresentadas a seguir na barra inferior de cada figura.

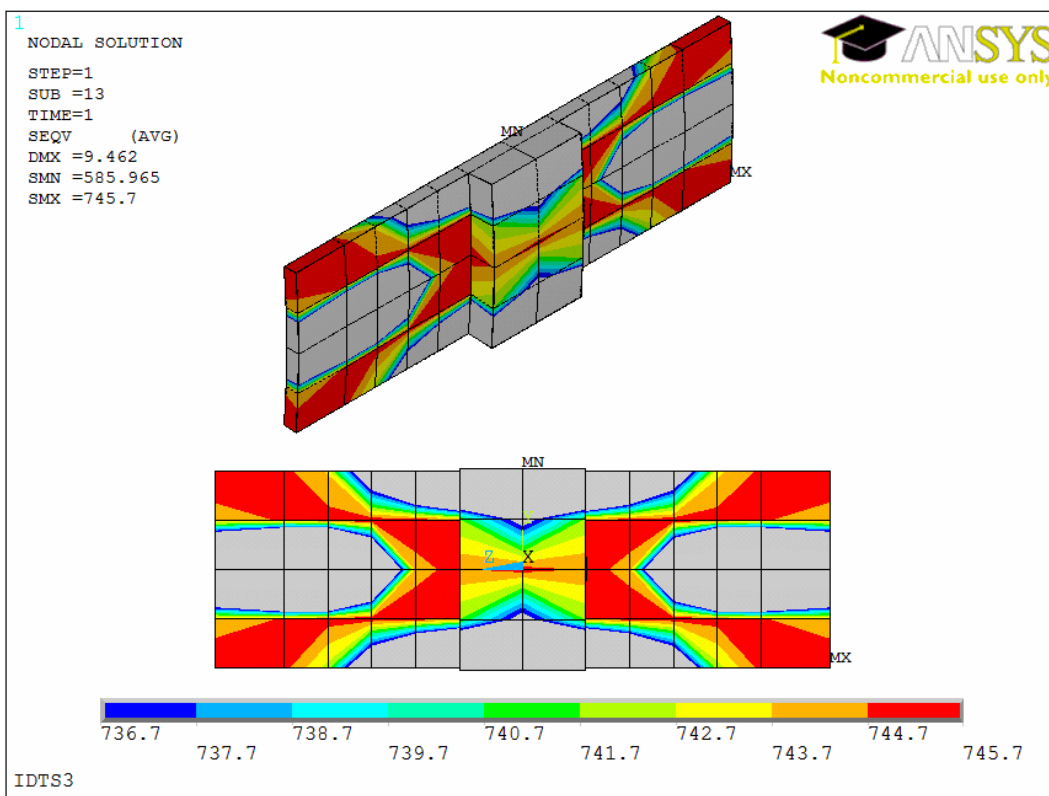
No segundo bloco de figuras é apresentada uma análise das tensões de von Mises feita com auxílio do programa comercial MATLAB, utilizando as análises feitas no ANSYS para todos os espécimes IDTS. São mostradas iso-superfícies para valores das tensões; também são mostradas as superfícies tridimensionais (gráfico 3D) que representam a distribuição das tensões em toda a área do grupo de defeitos na direção longitudinal e circunferencial para cada espécime IDTS.



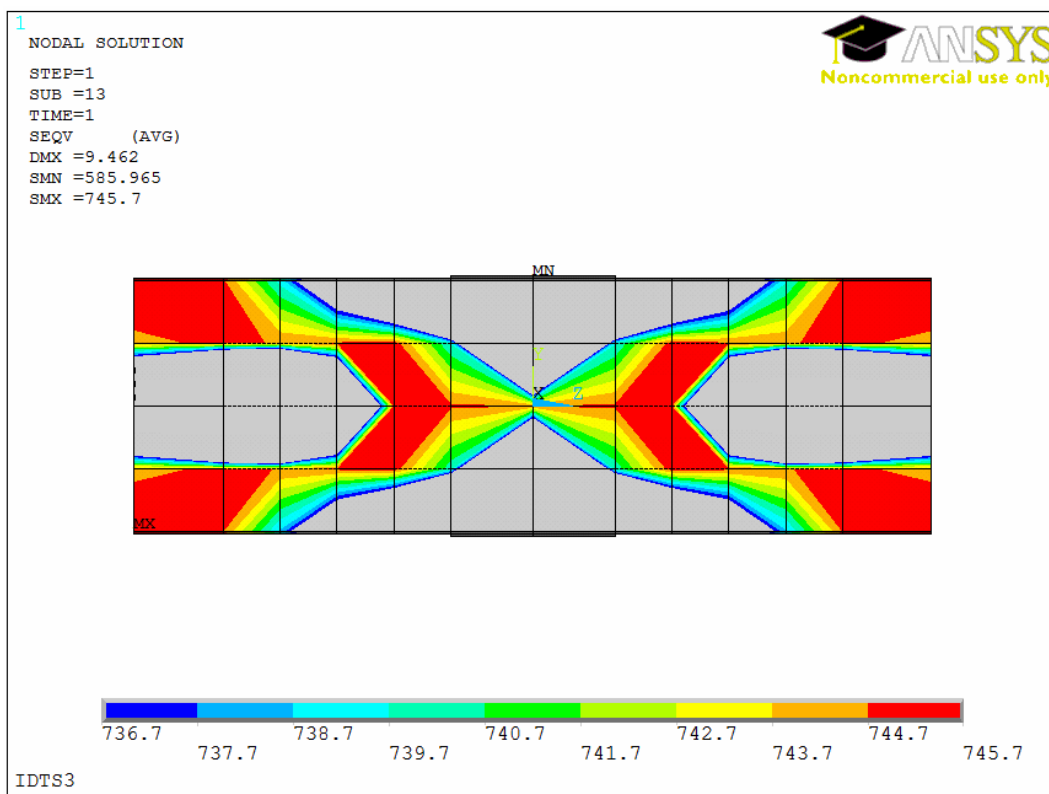
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-2



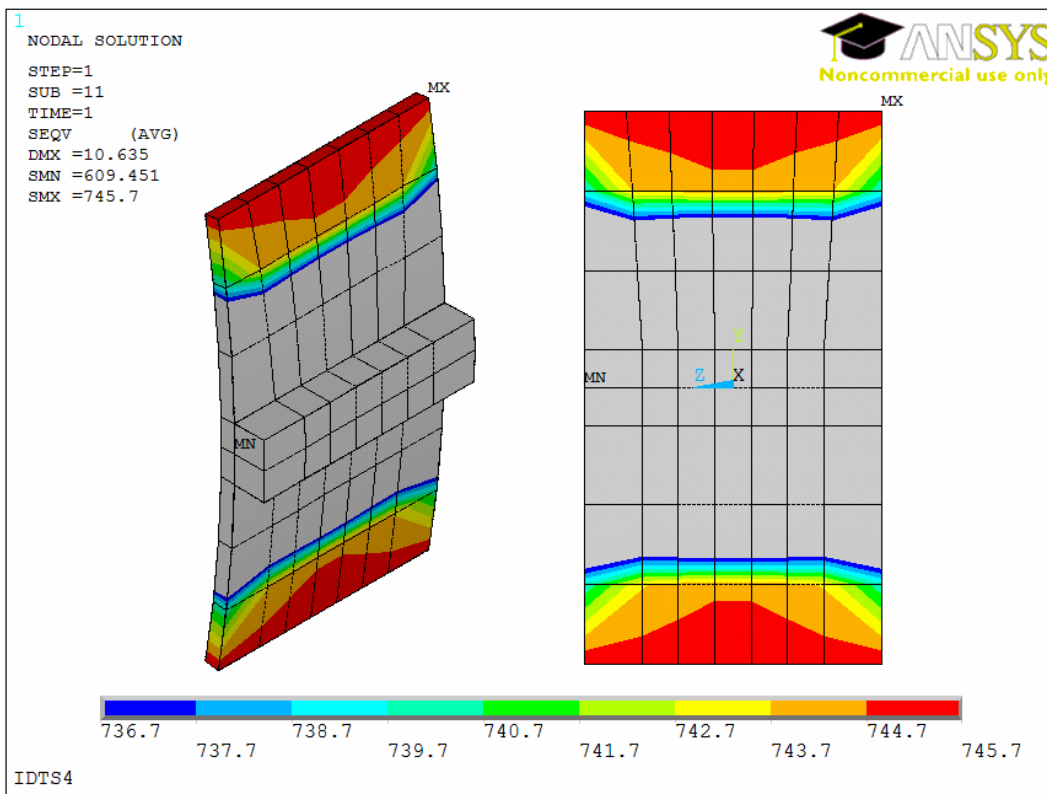
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-2



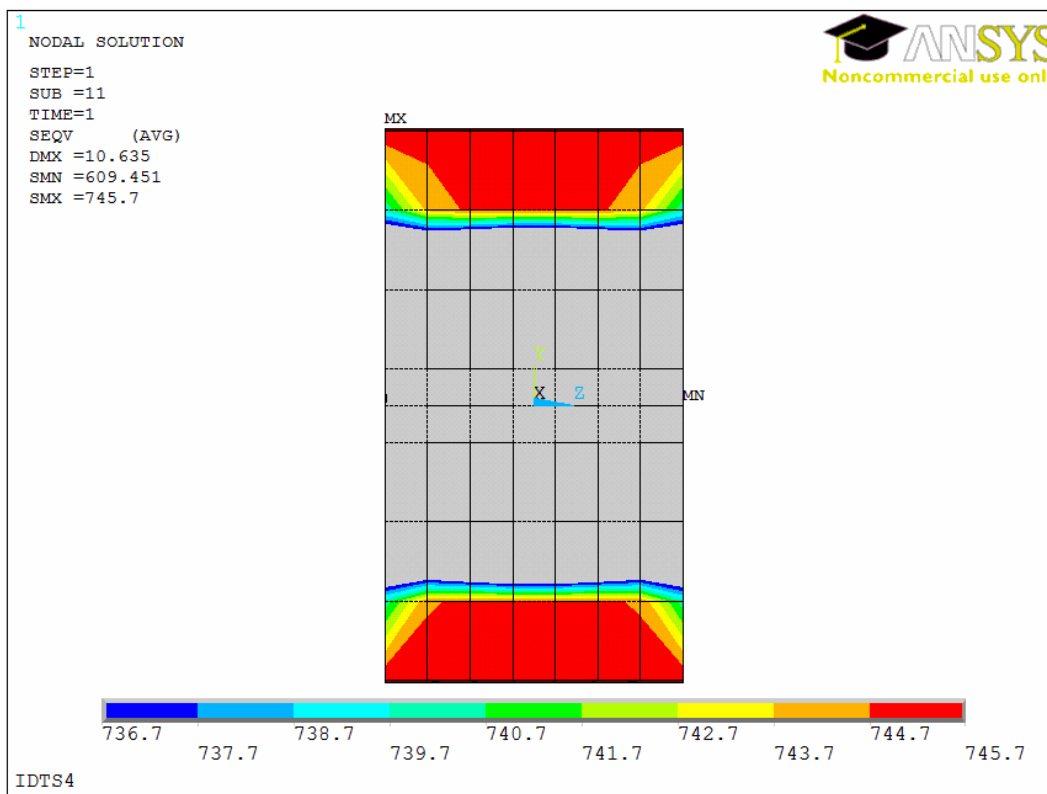
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-3



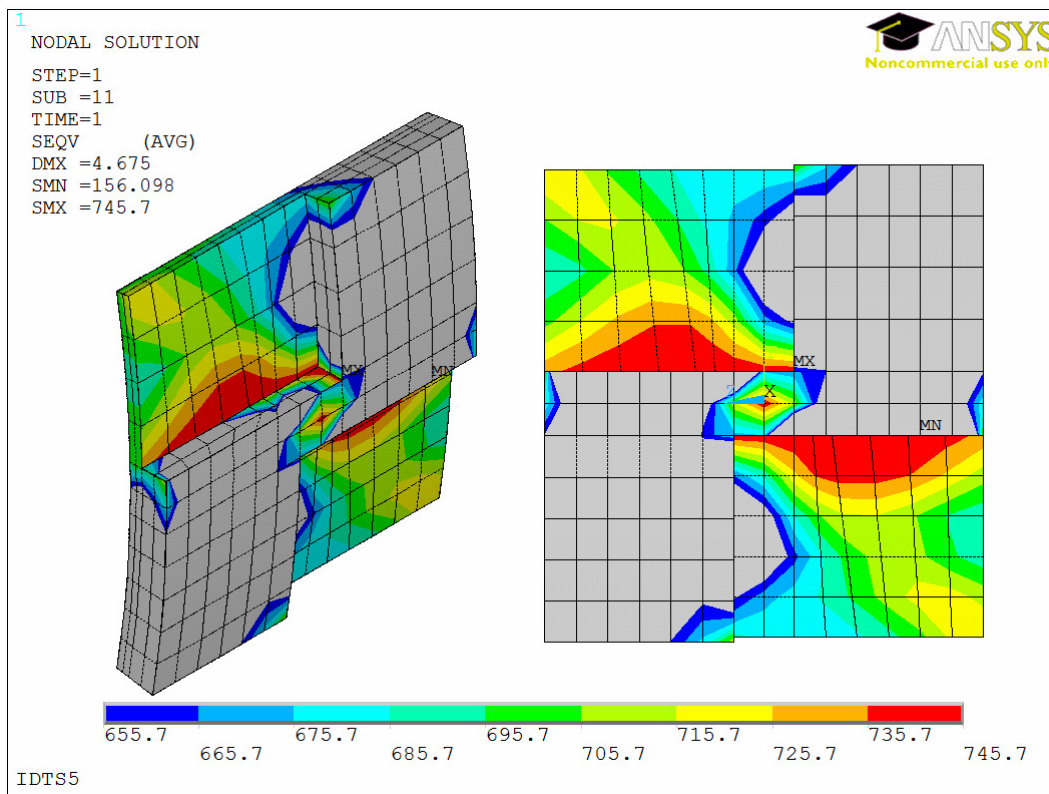
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-3



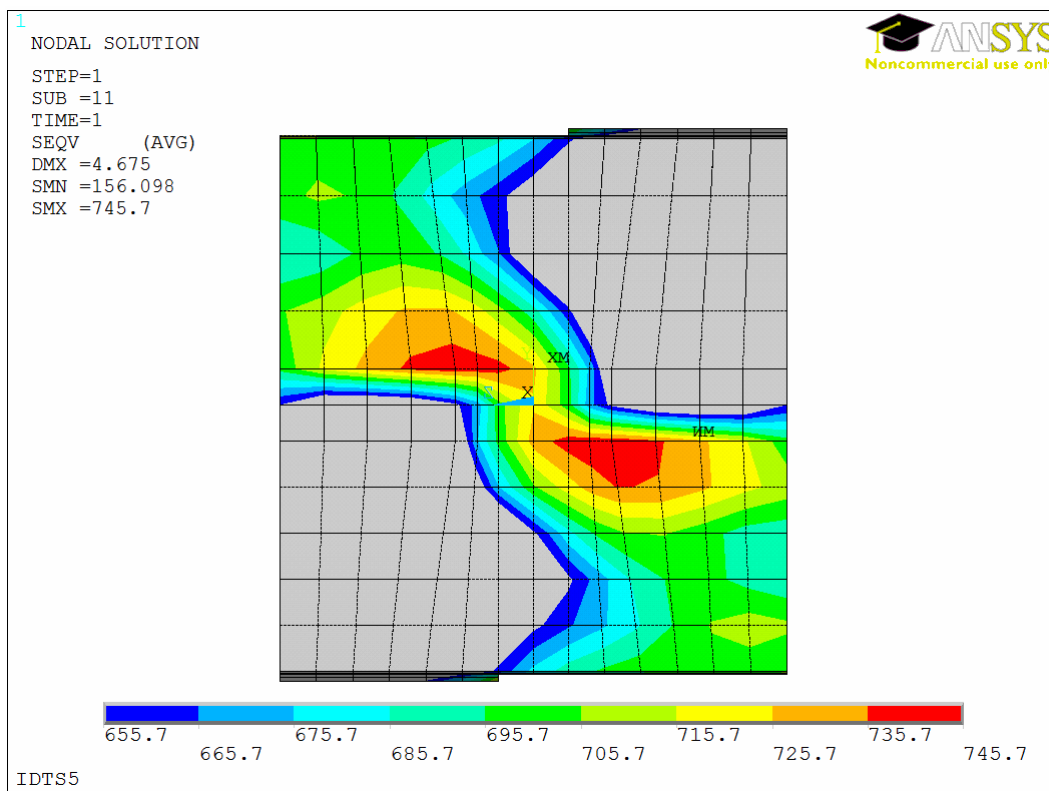
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-4



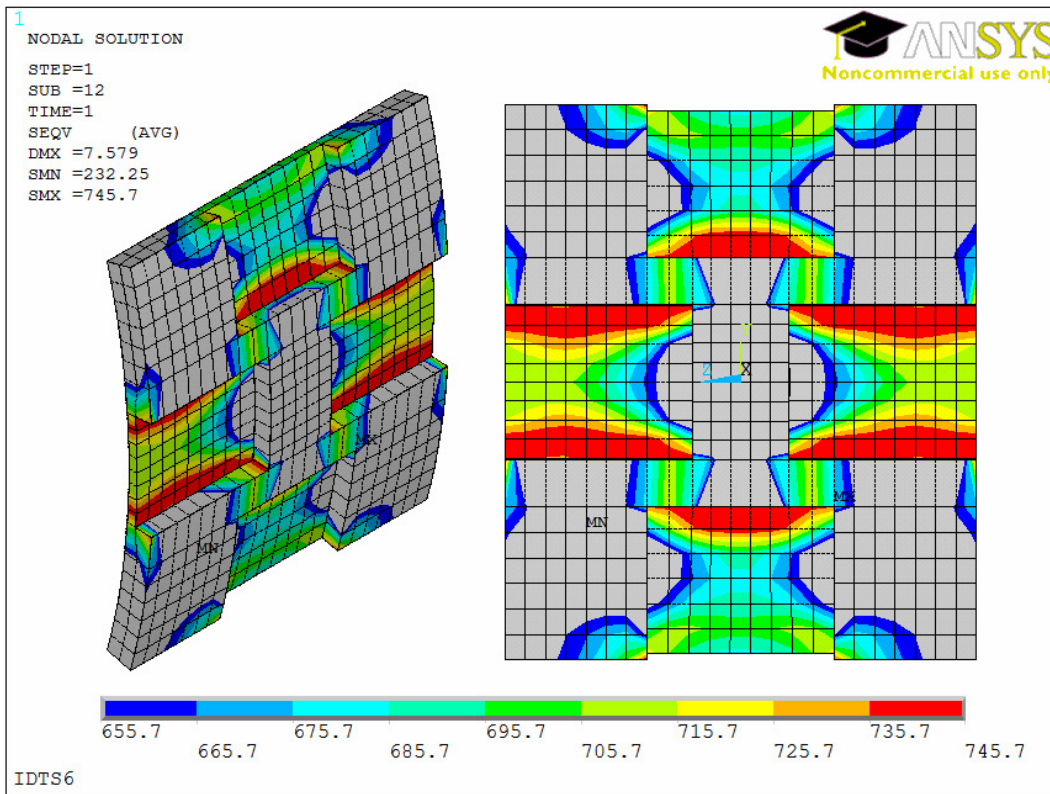
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-4



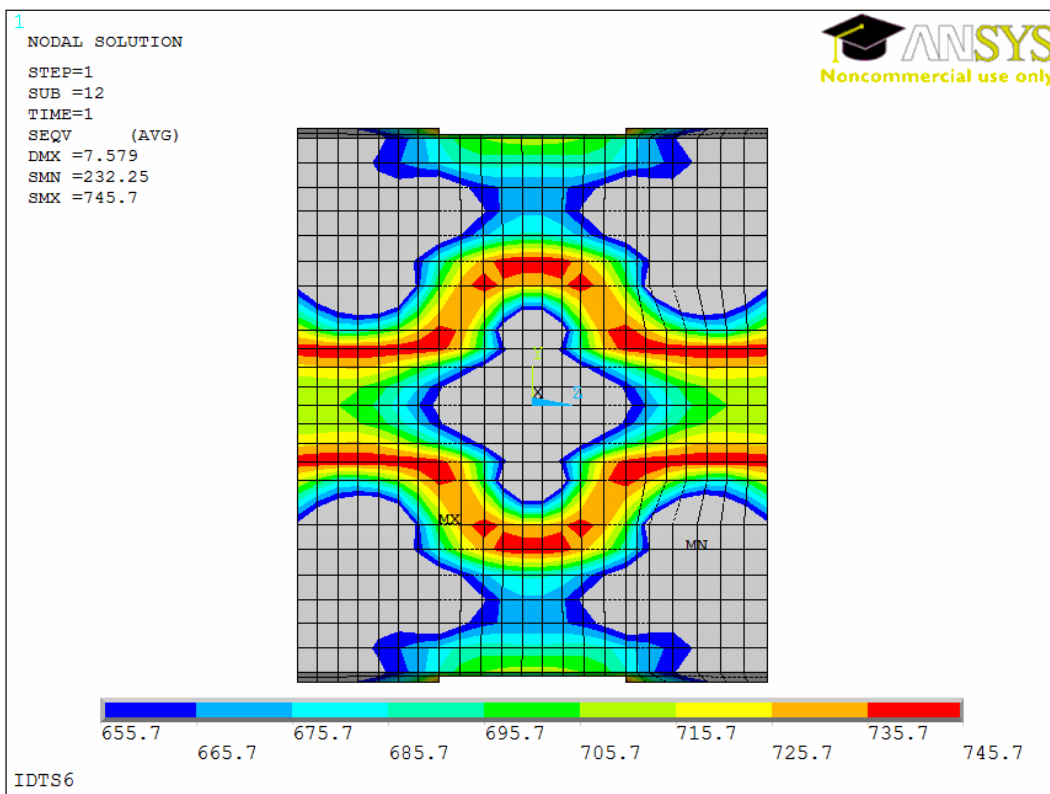
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-5



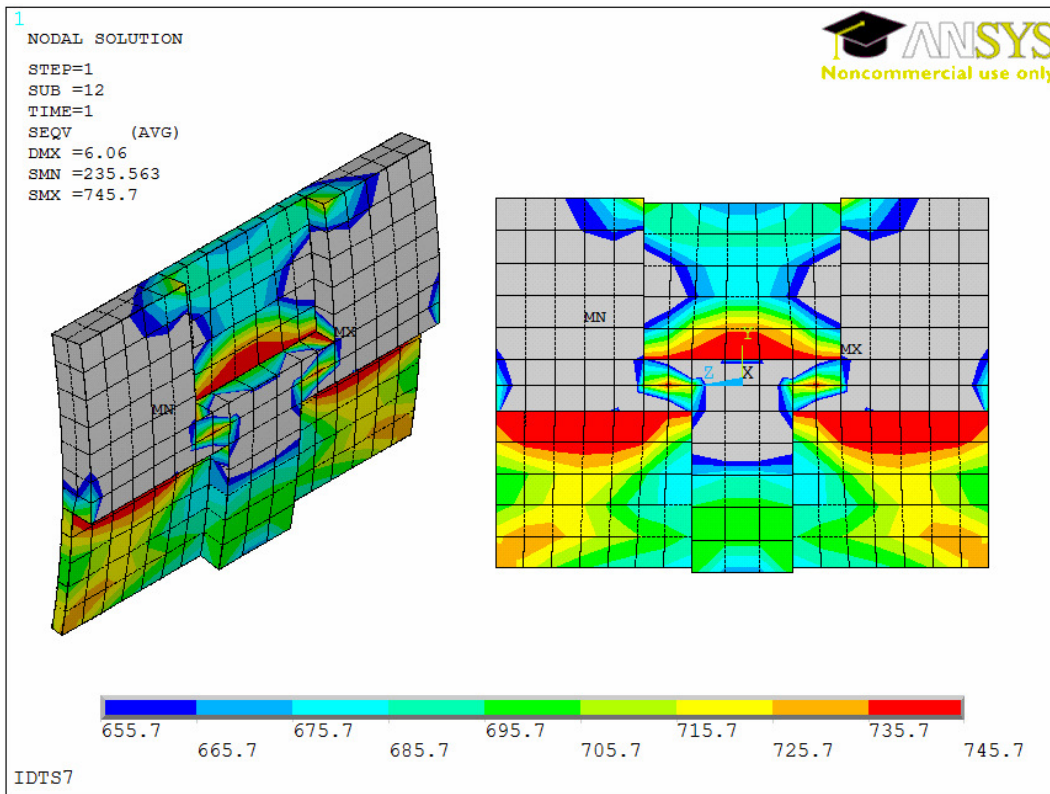
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-5



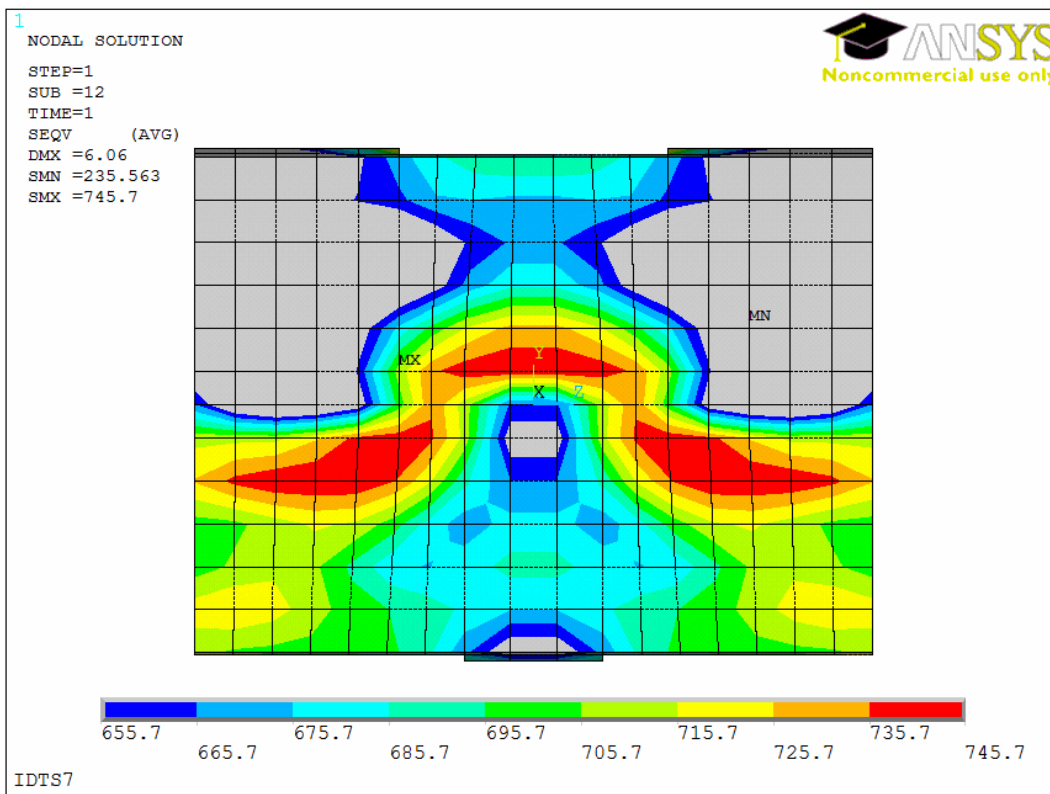
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-6



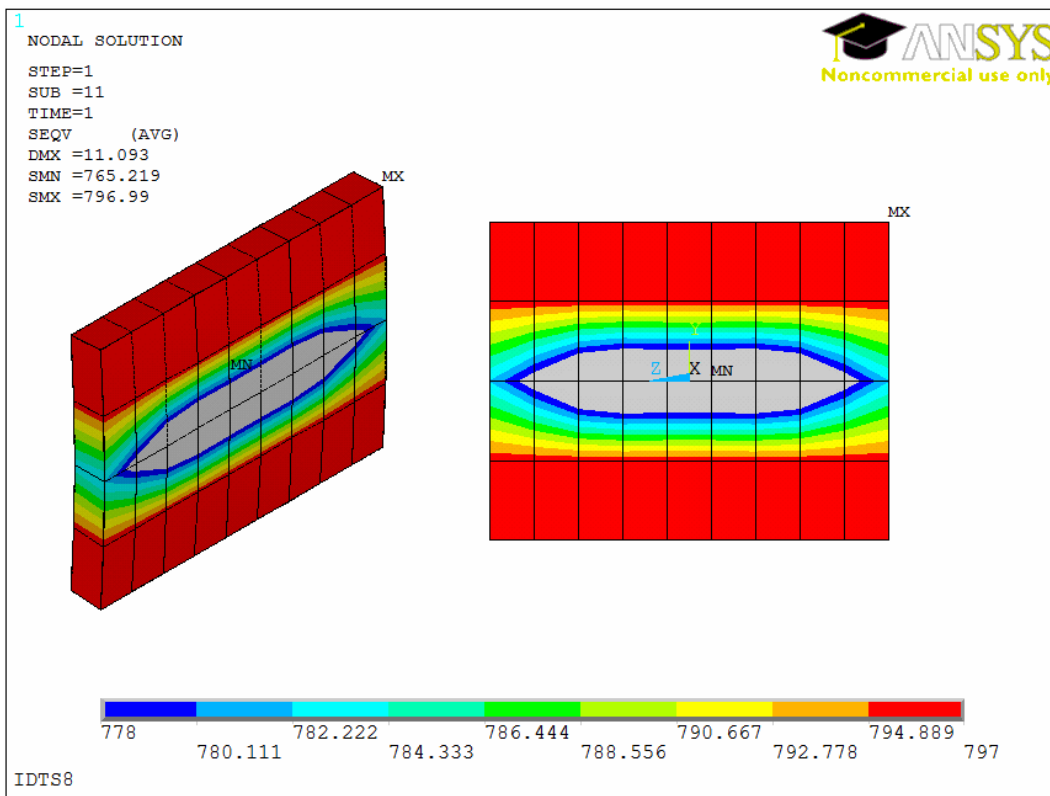
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-6



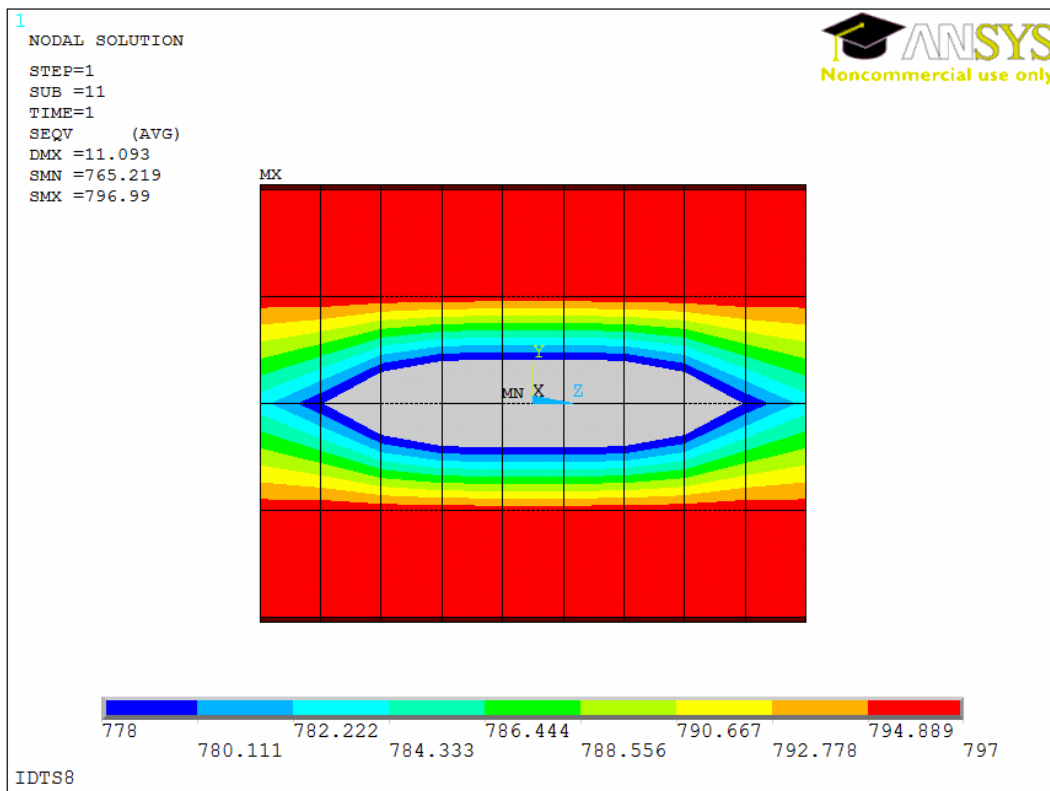
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-7



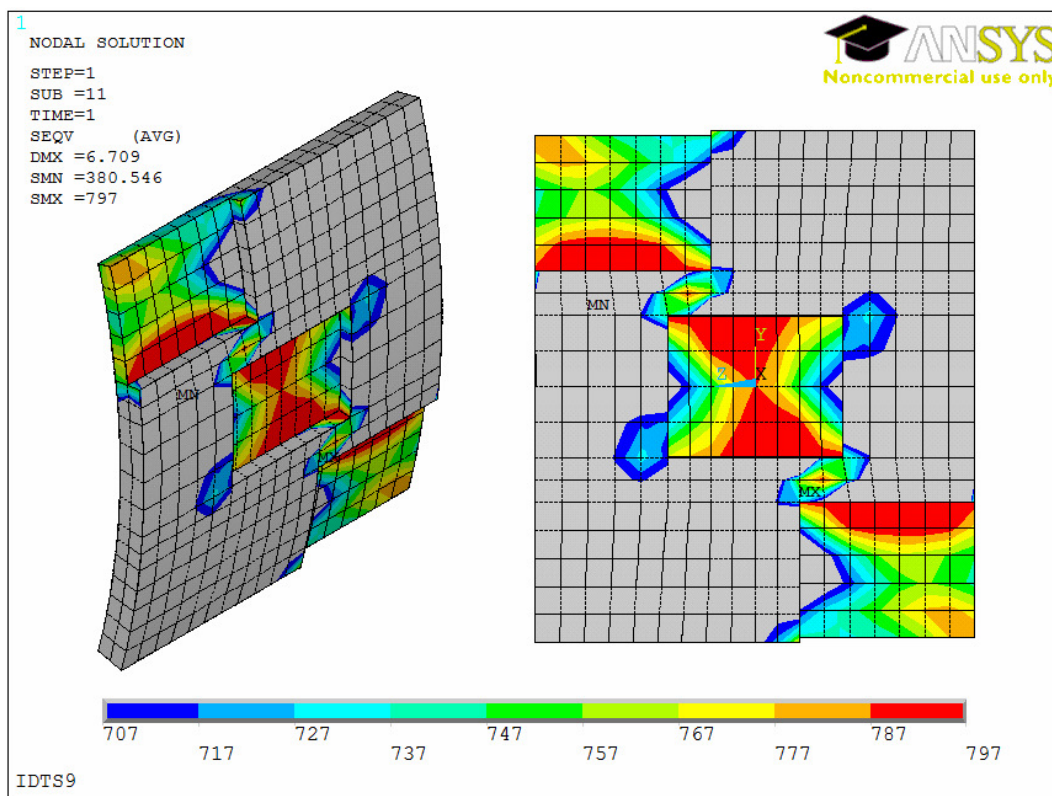
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-7



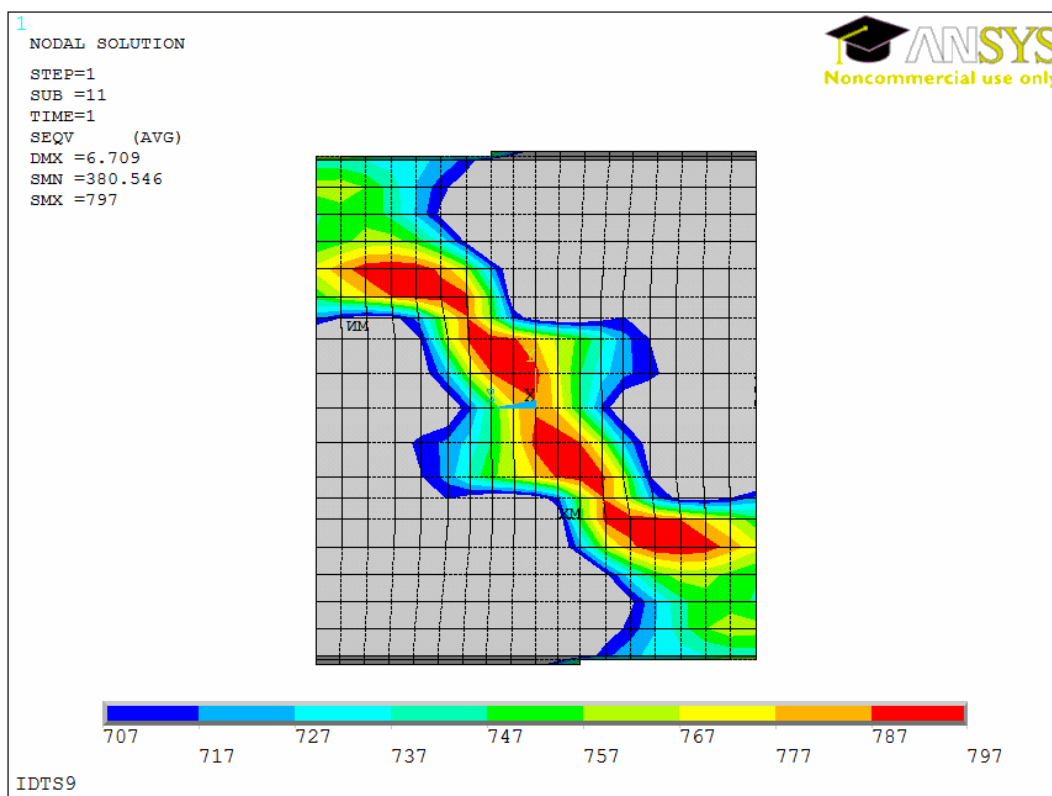
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-8



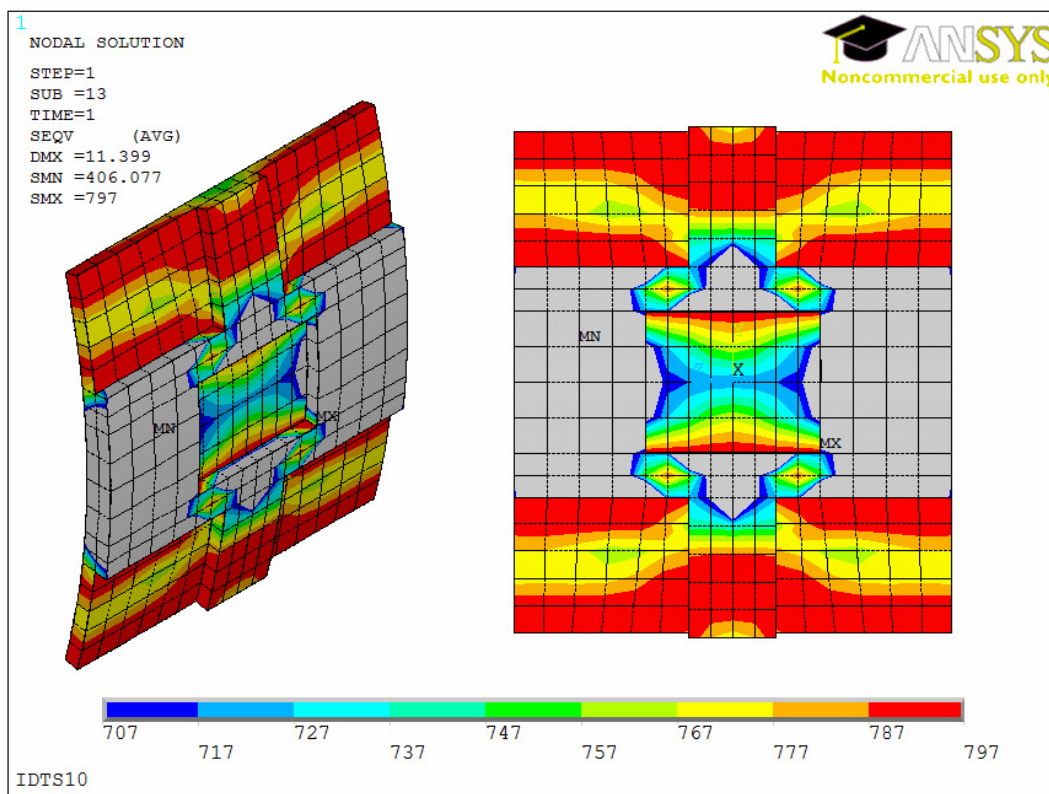
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-8



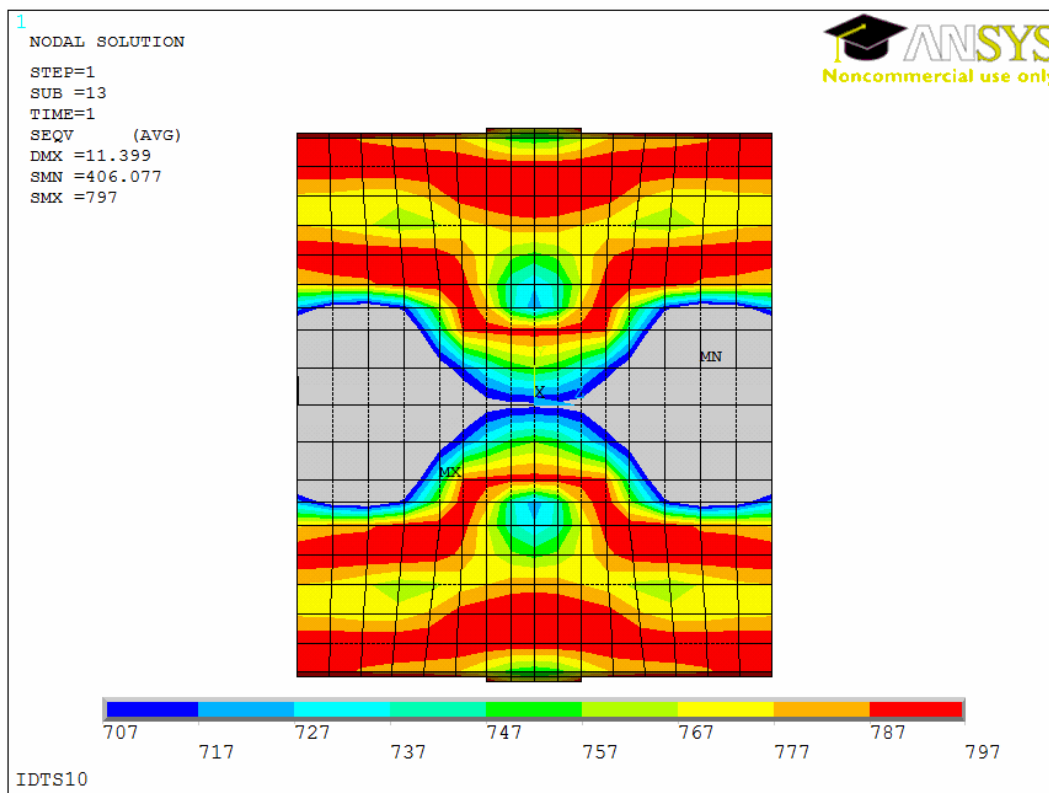
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-9



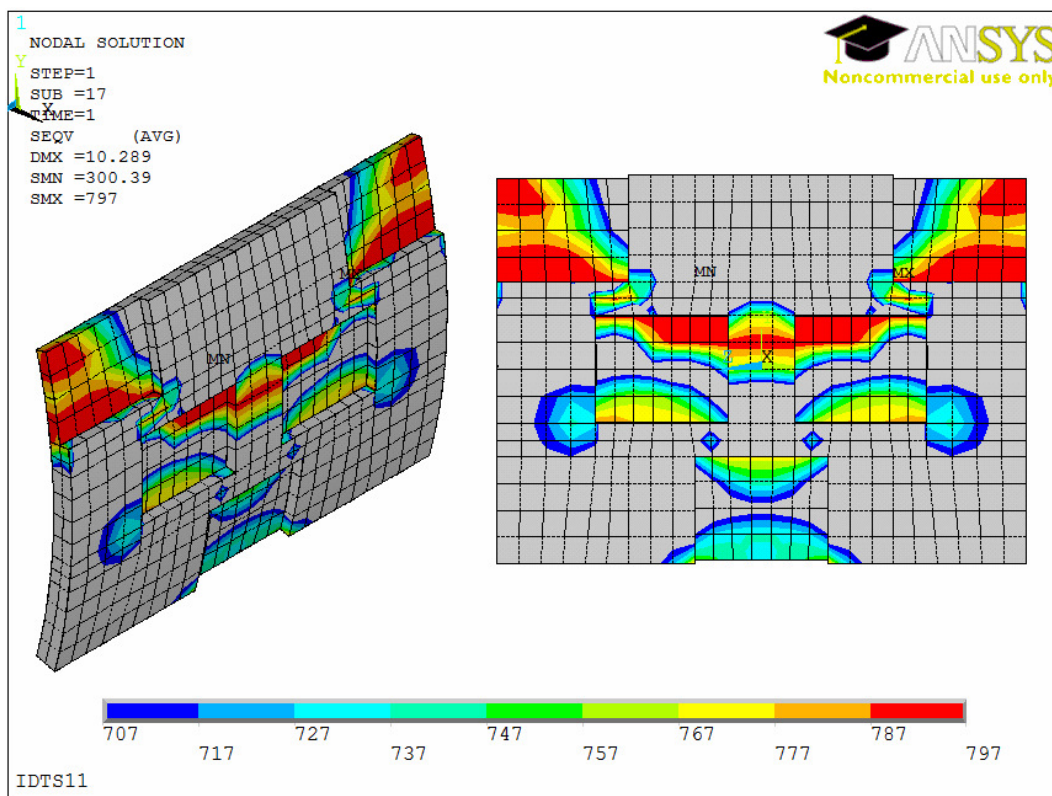
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-9



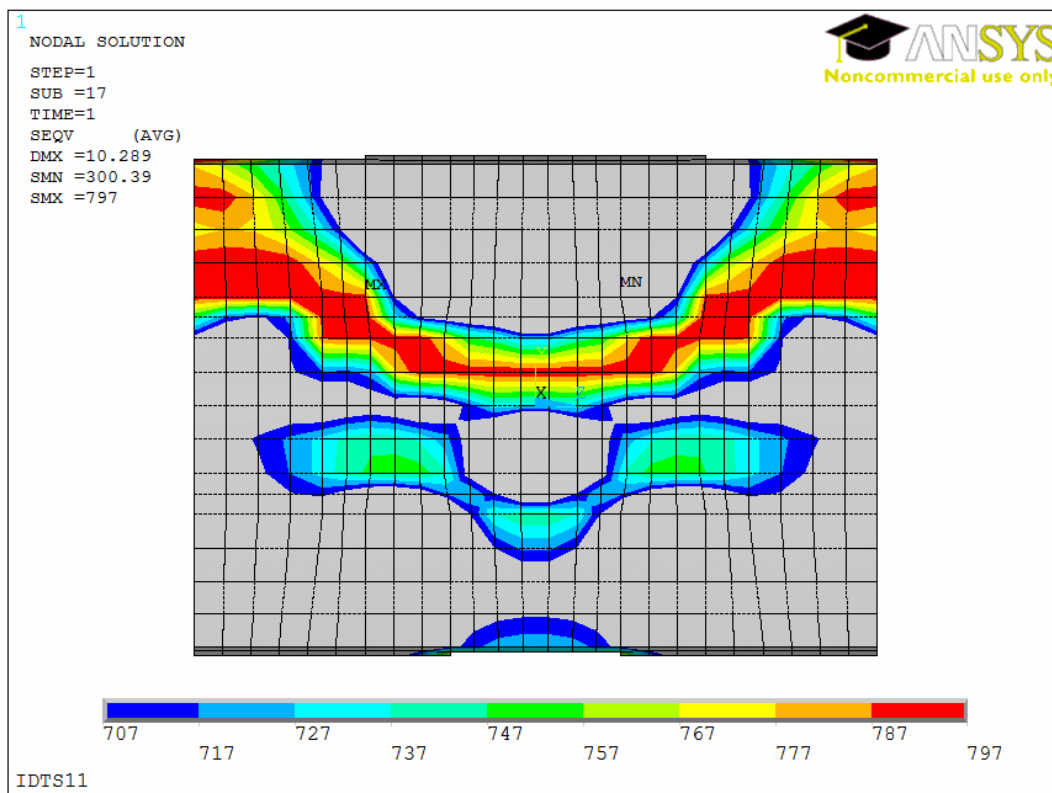
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-10



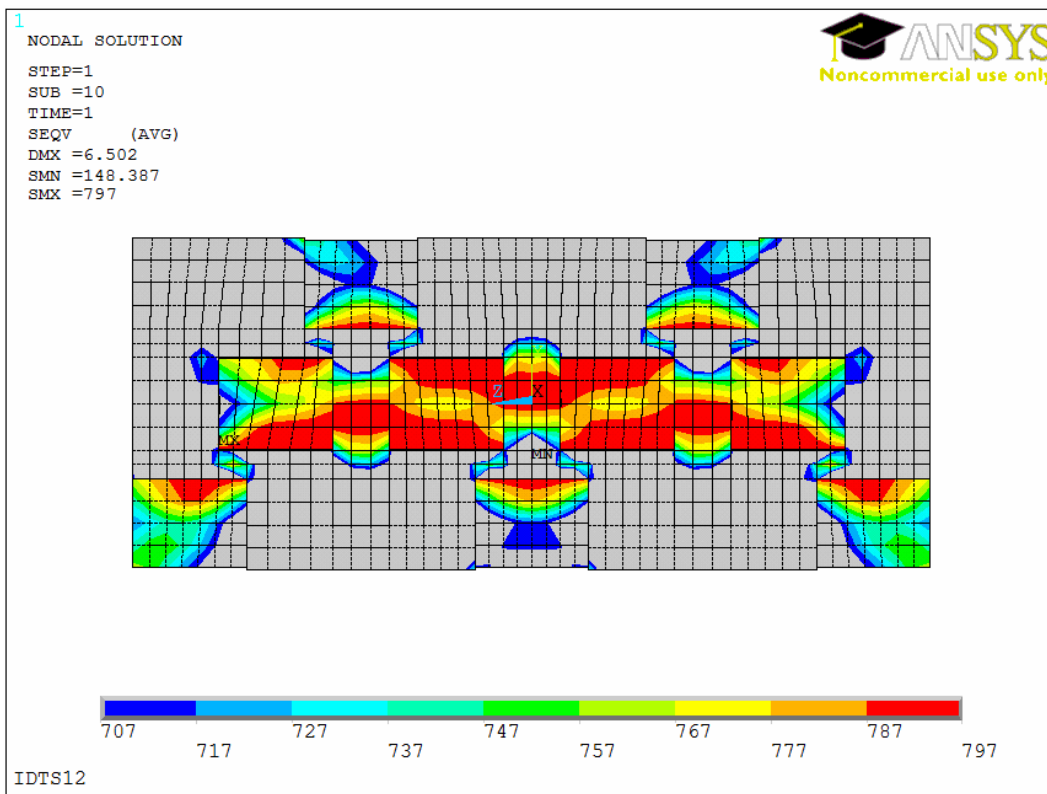
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-10



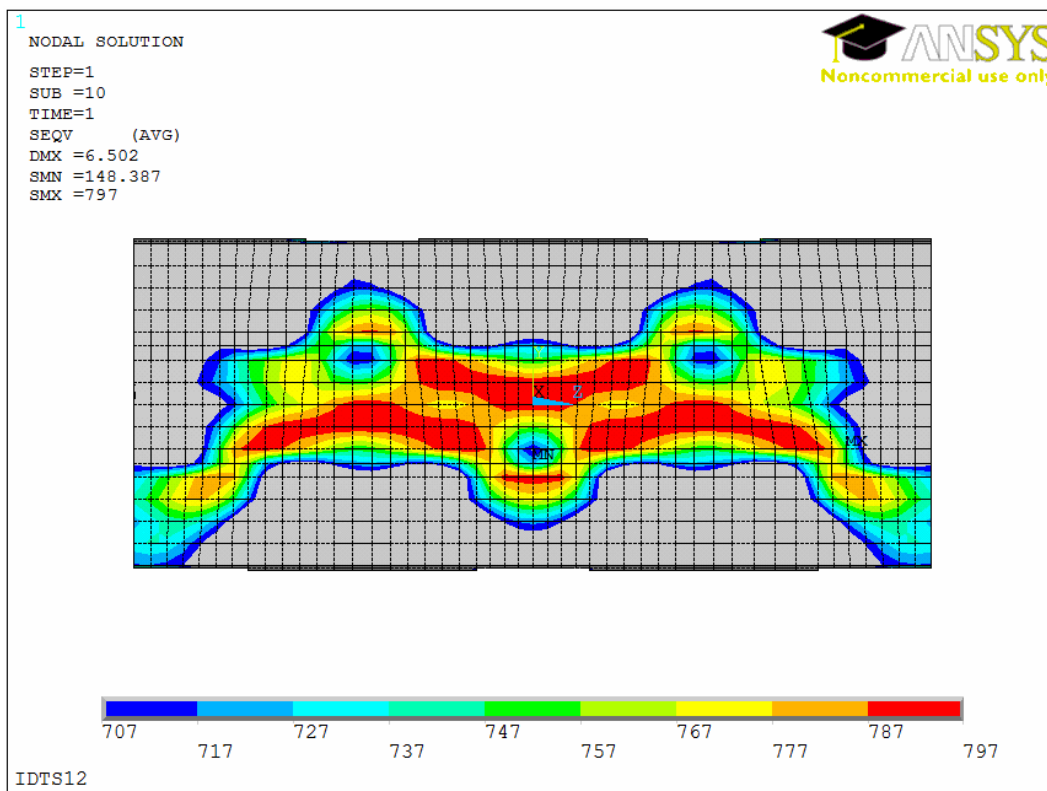
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-11



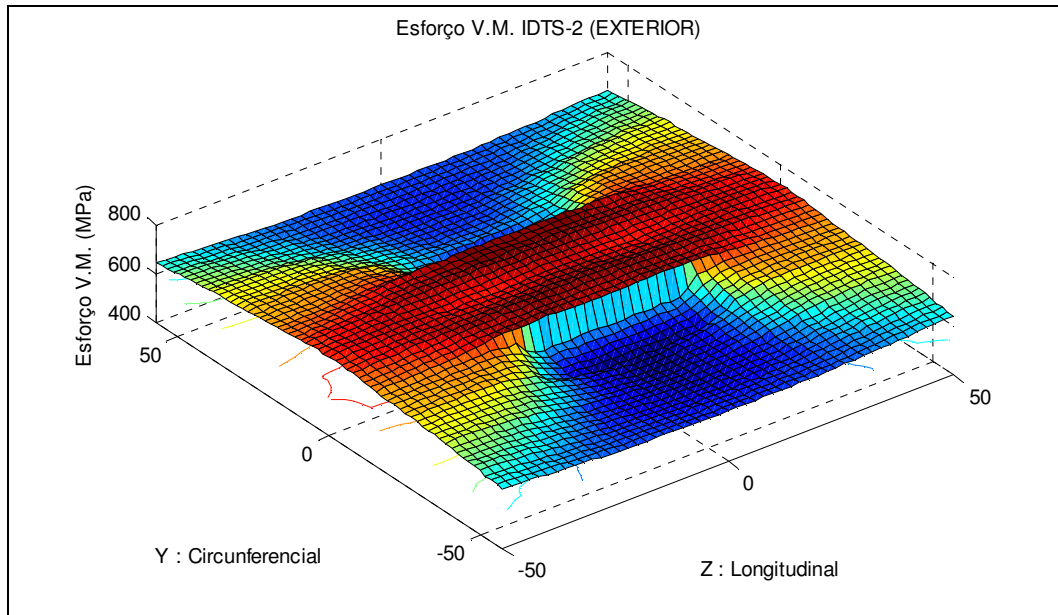
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-11



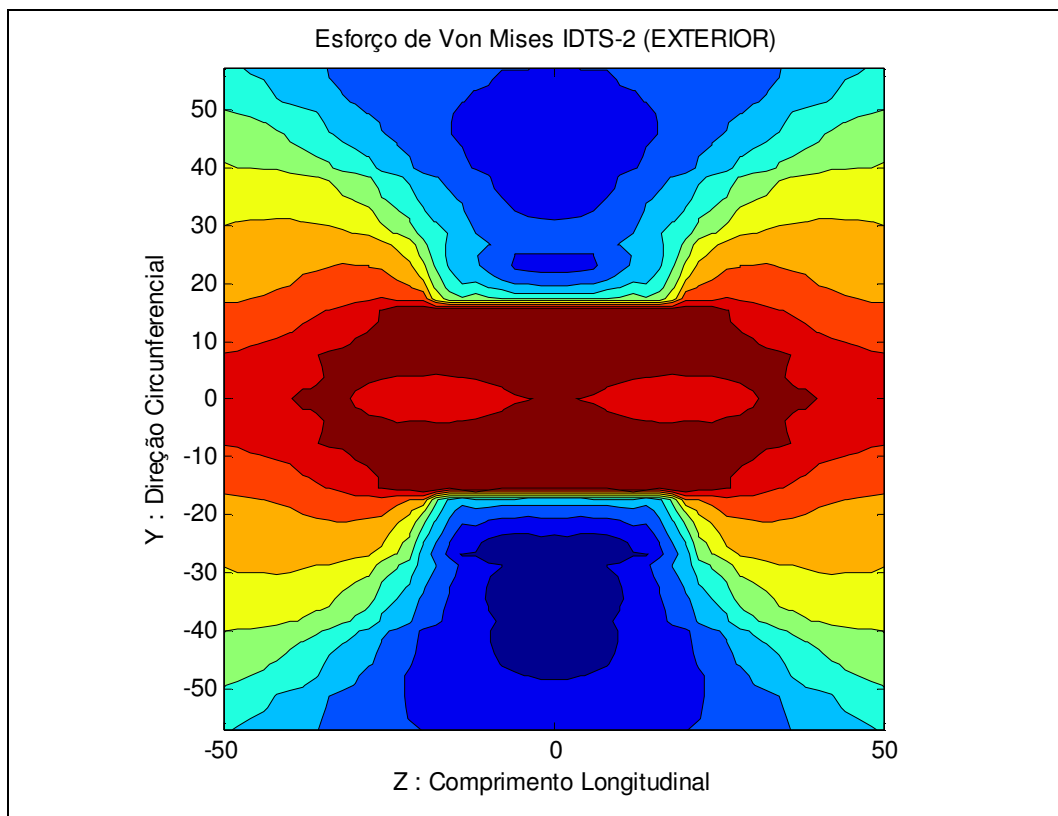
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-12



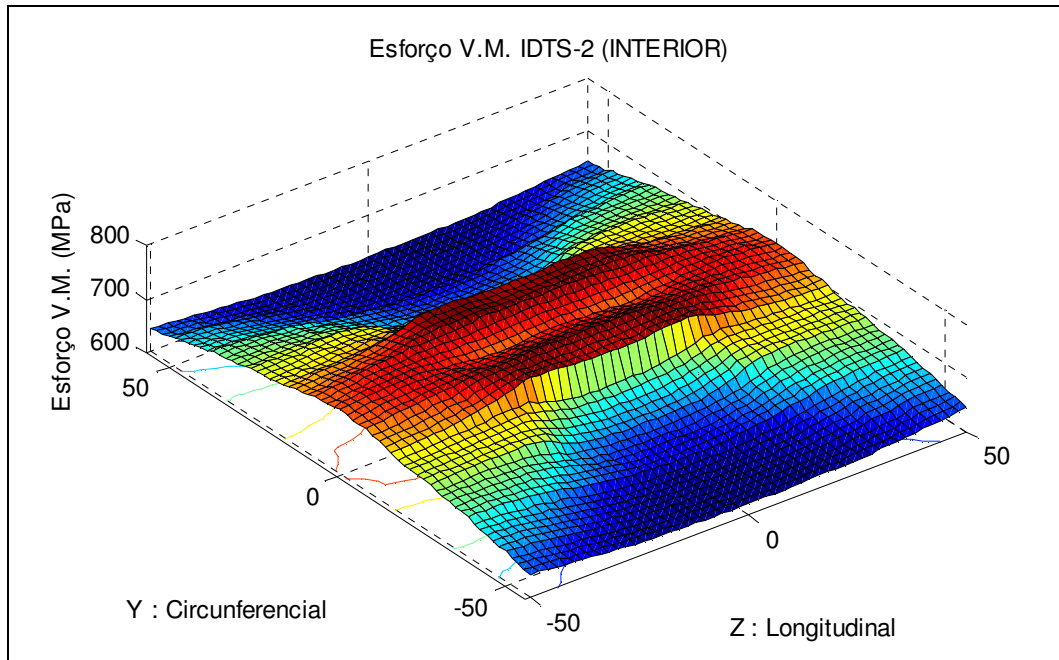
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-12



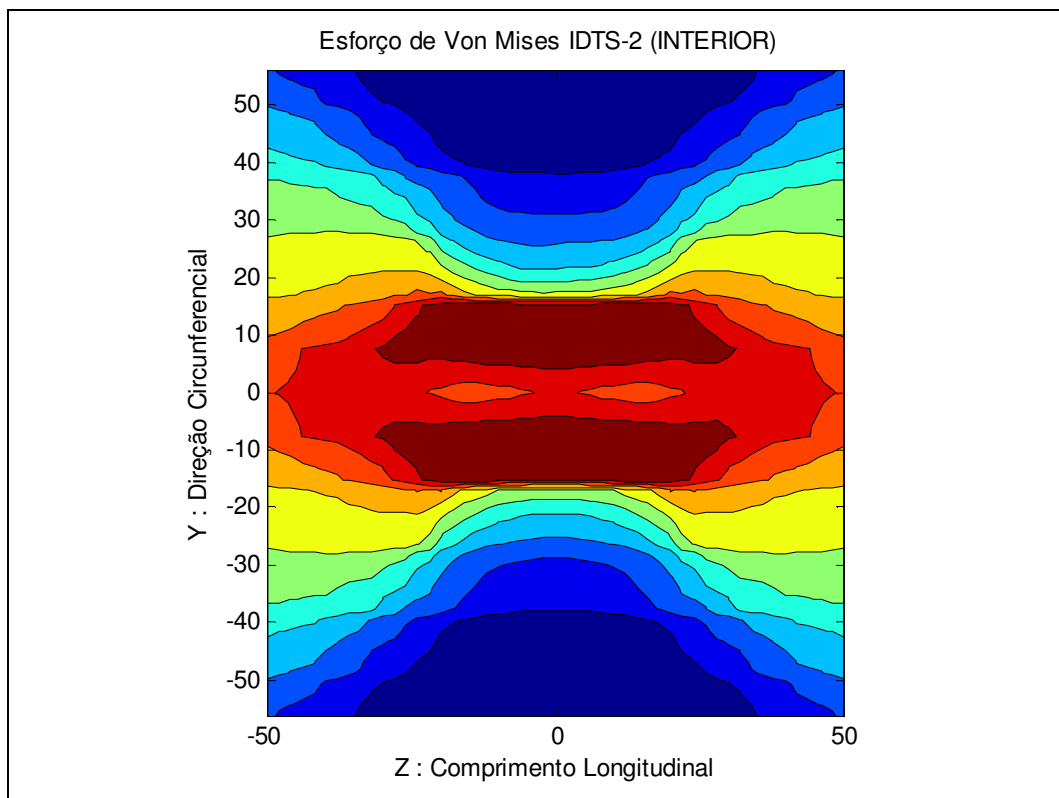
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-2



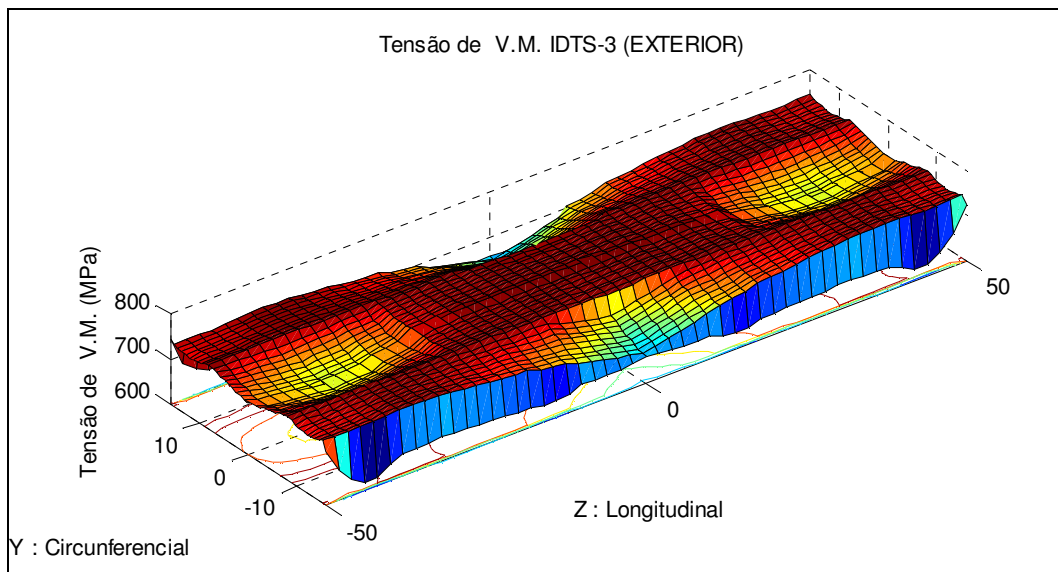
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-2



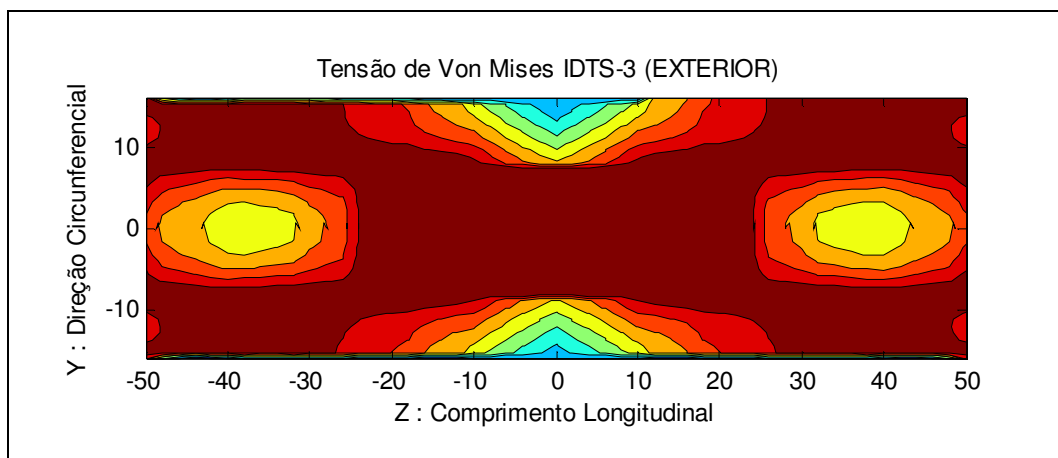
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-2



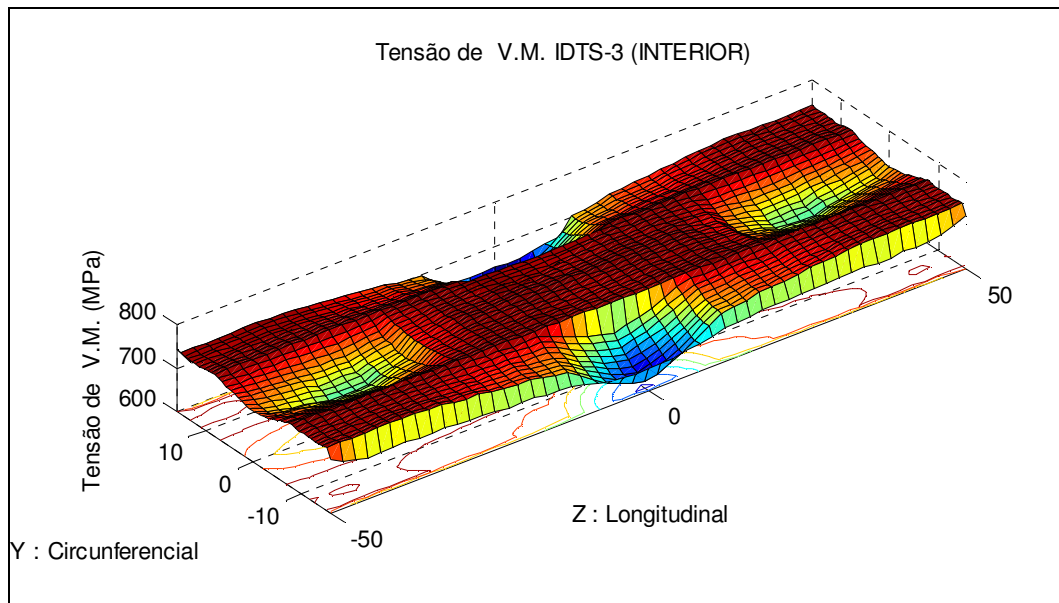
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-2



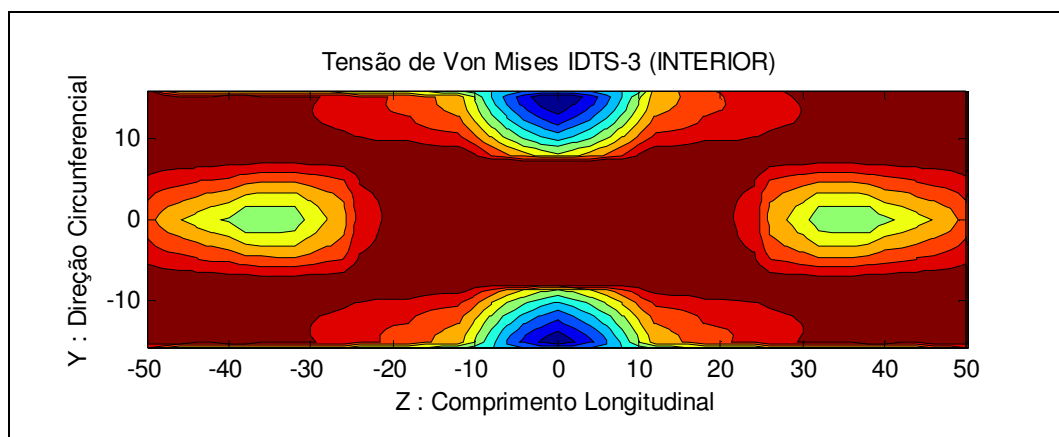
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-3



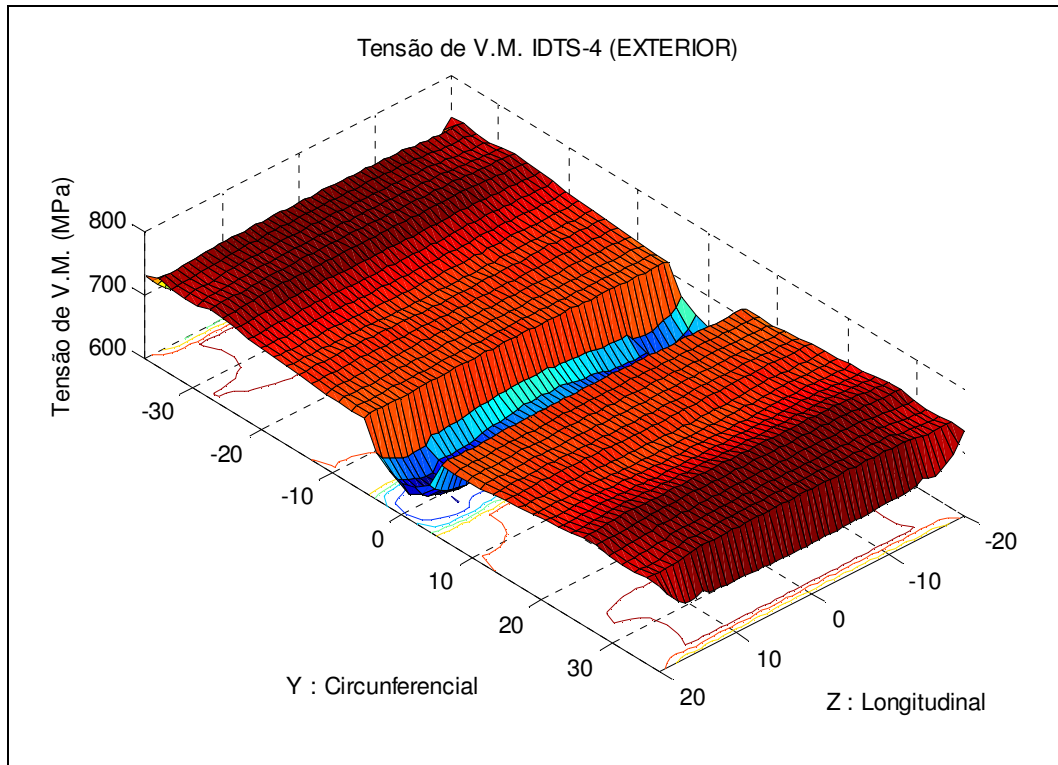
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-3



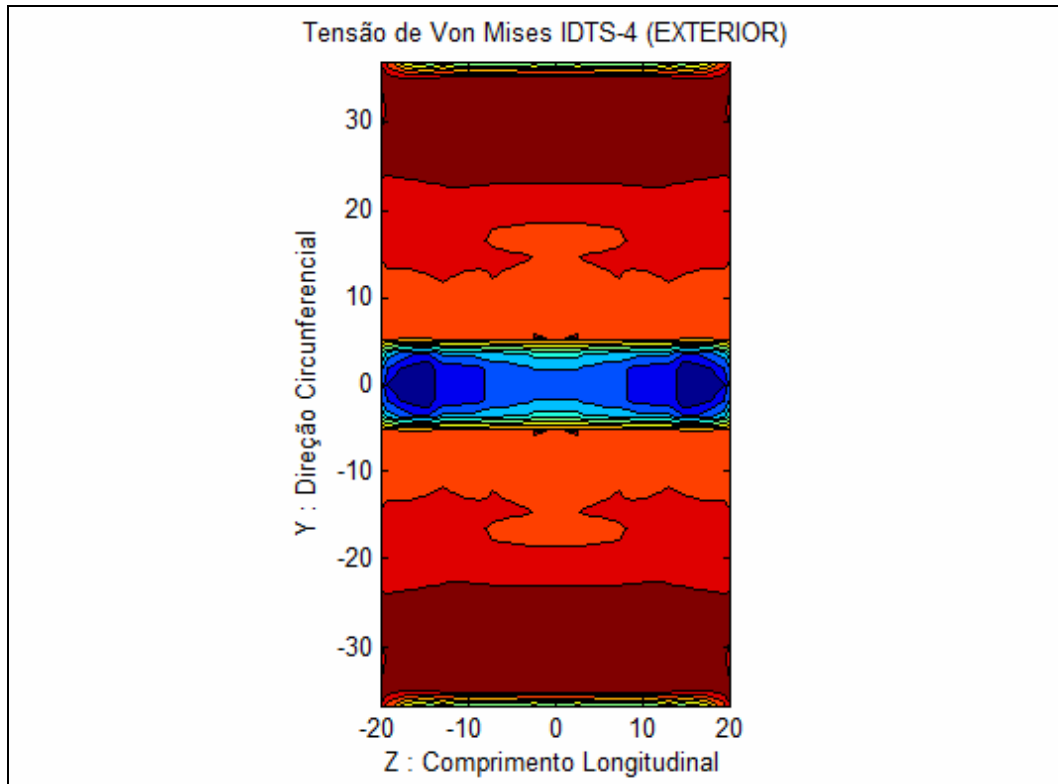
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-3



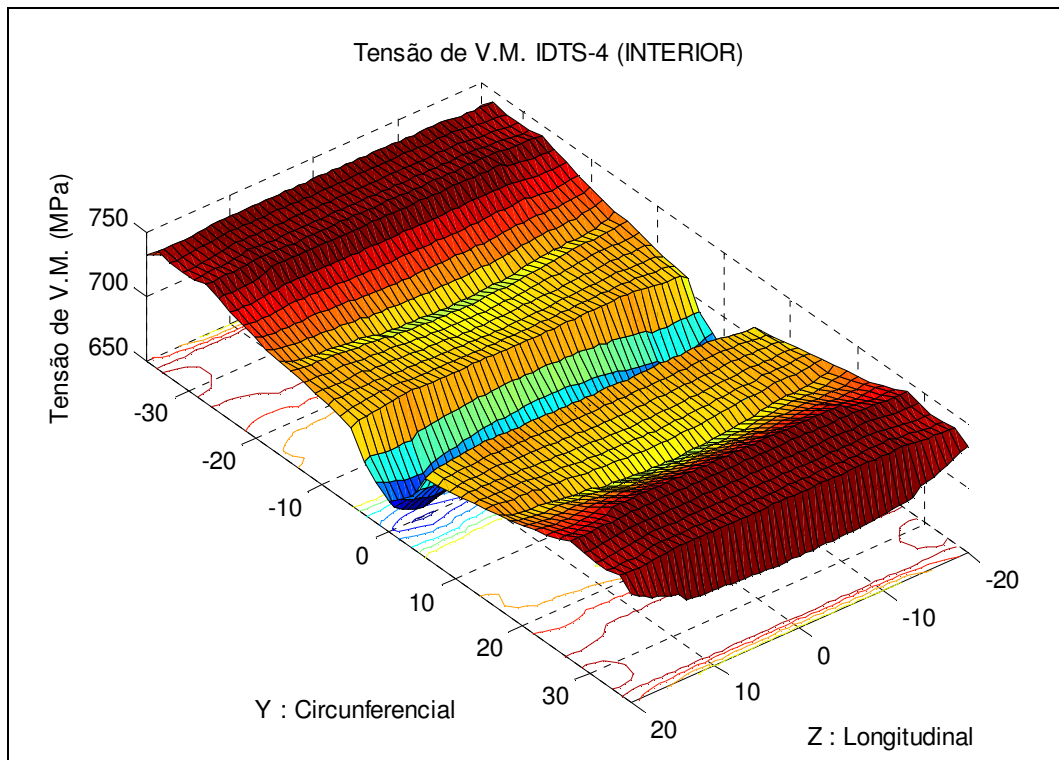
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-3



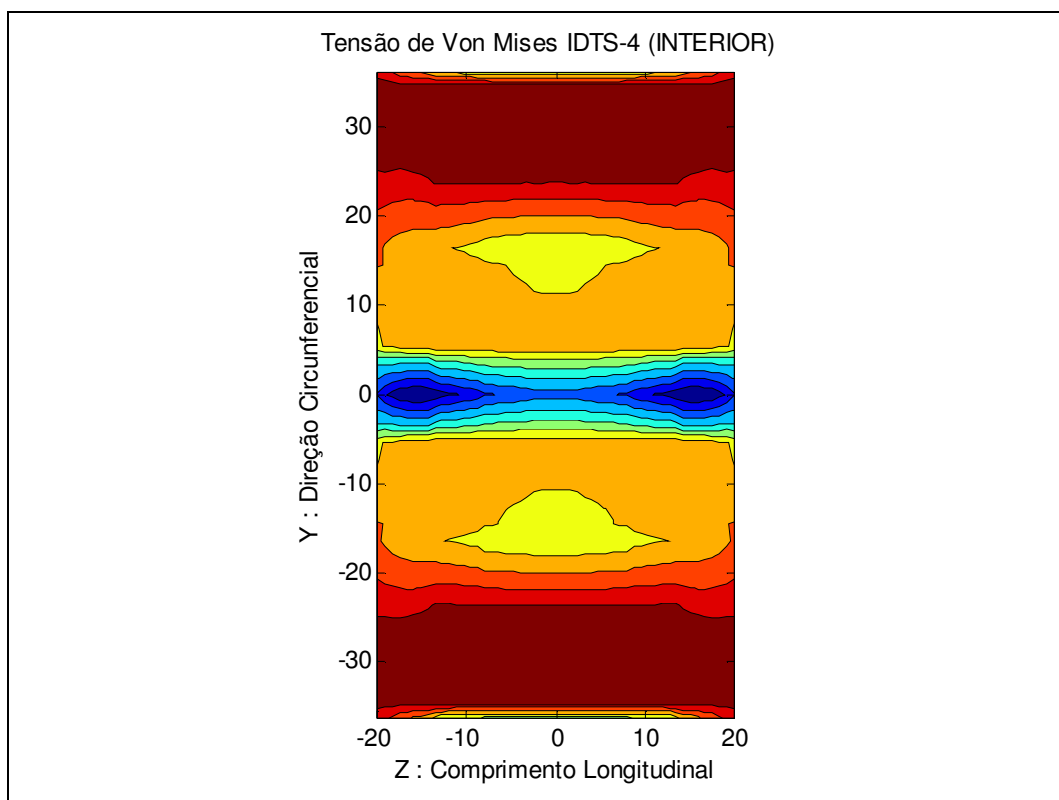
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-4



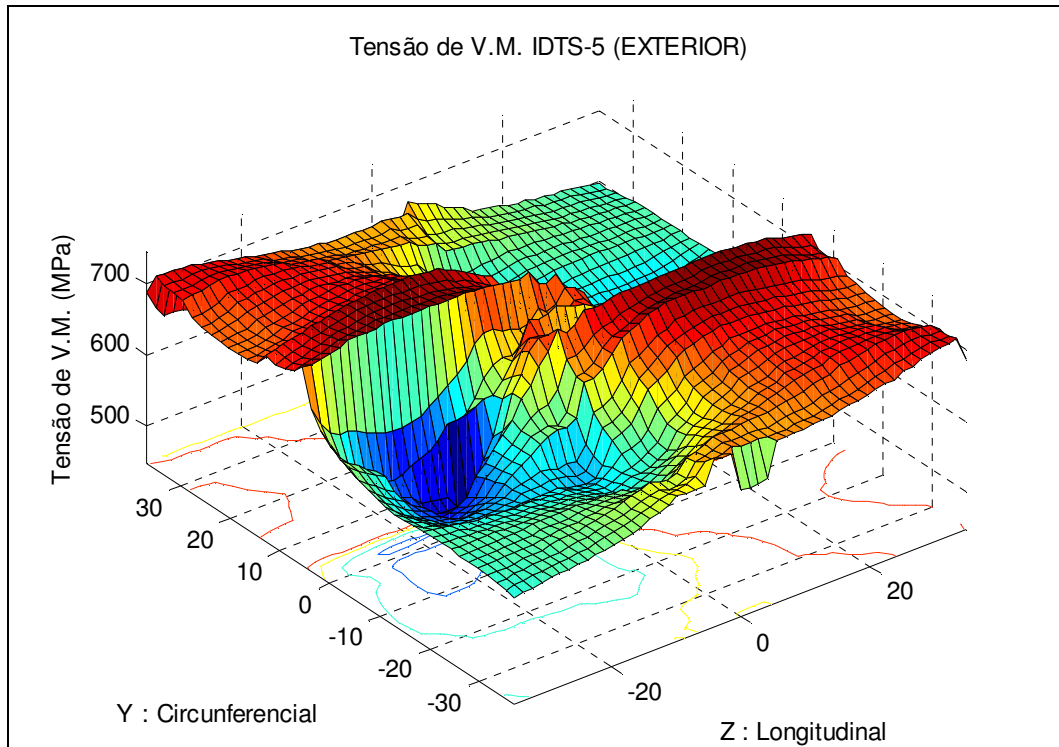
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-4



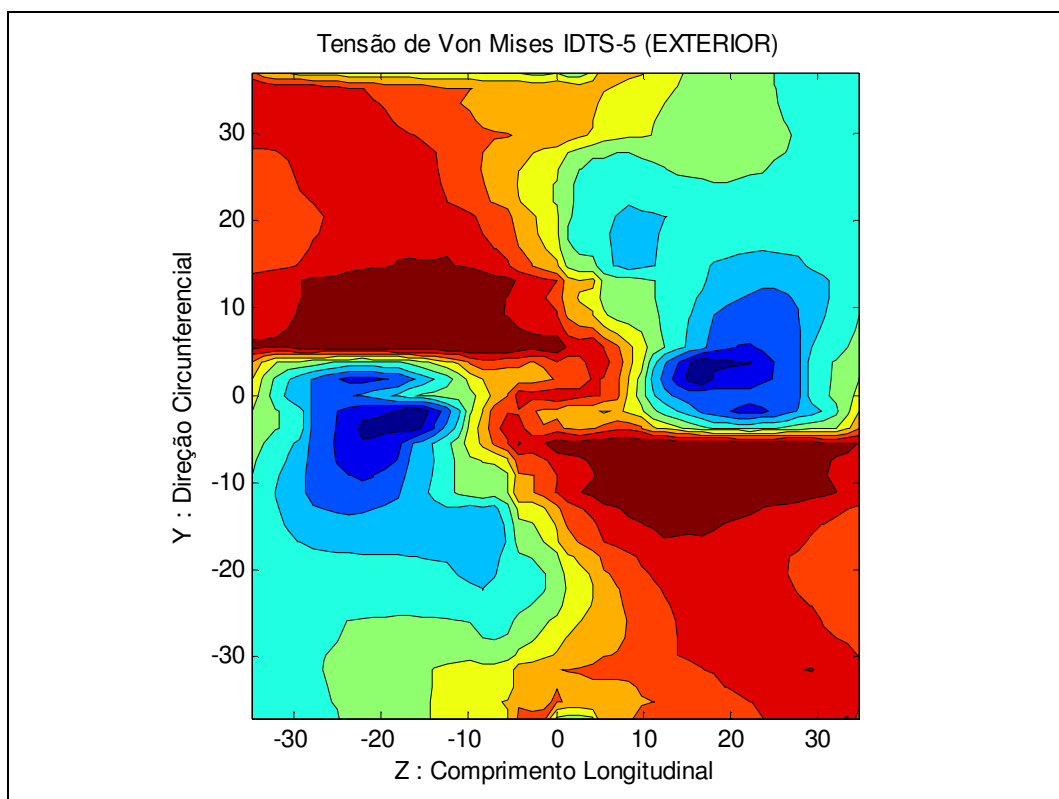
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-4



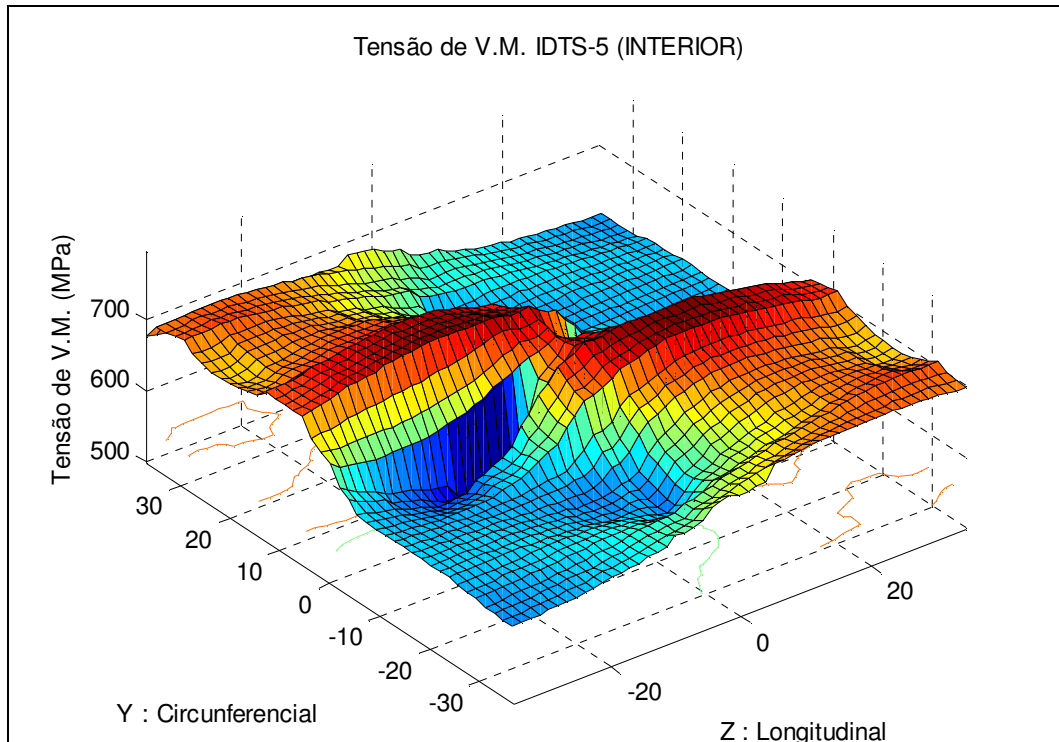
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-4



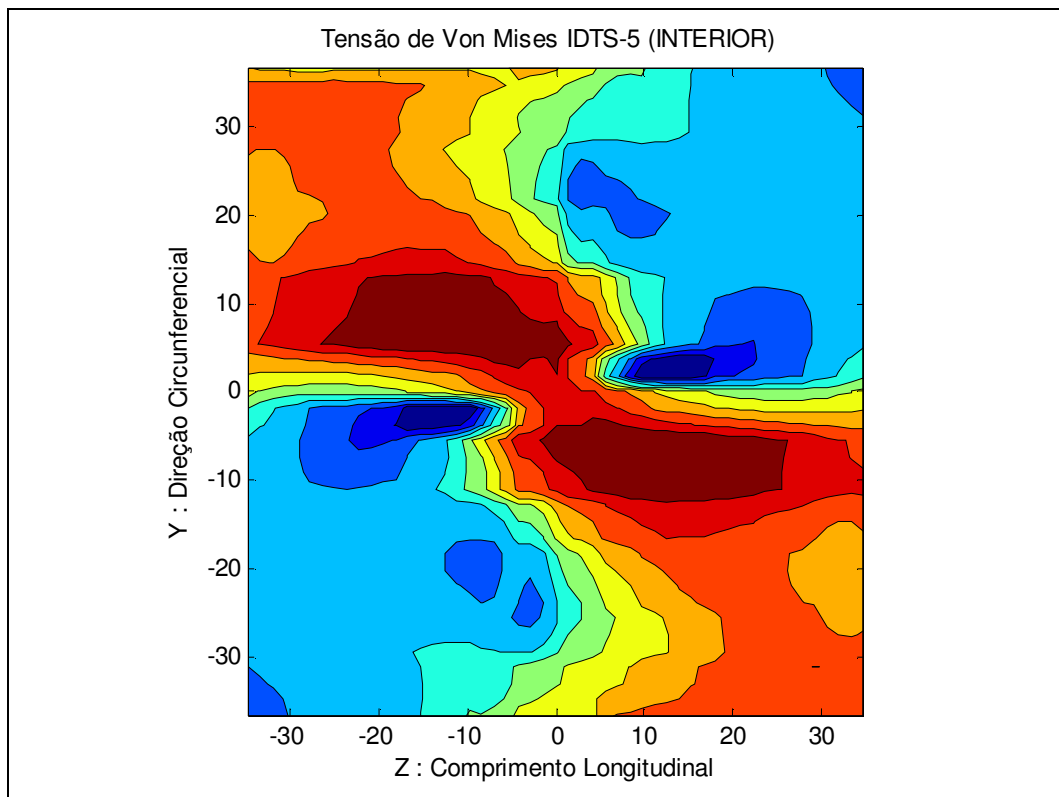
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-5



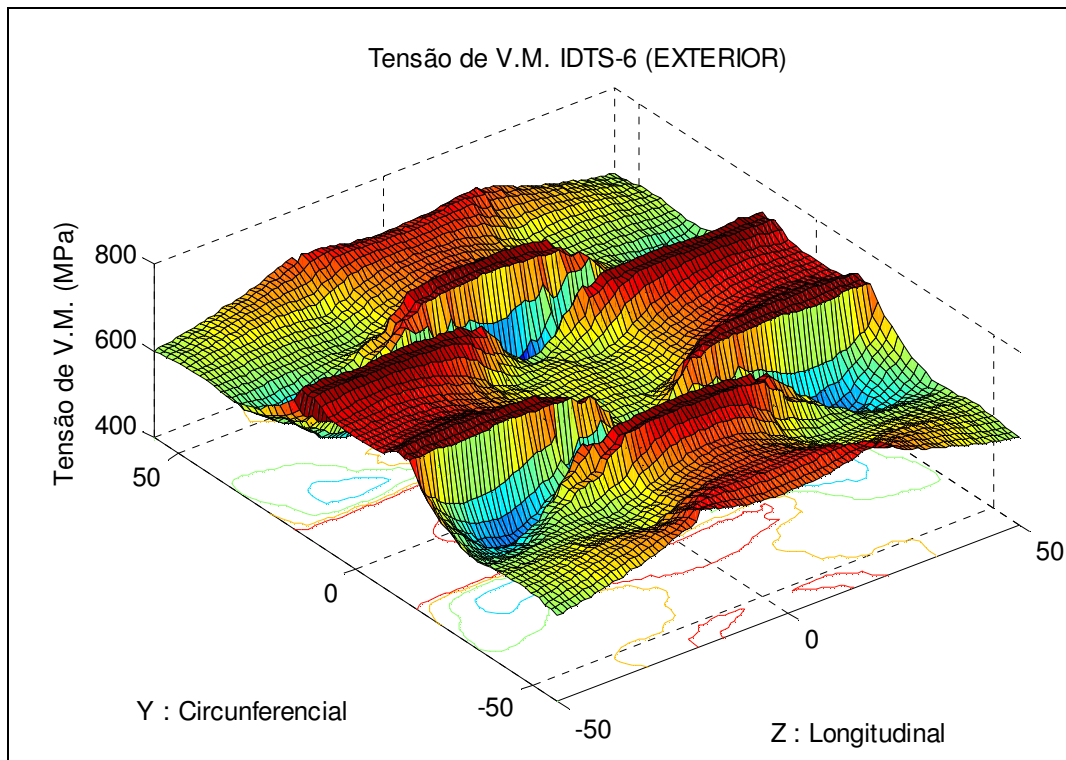
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-5



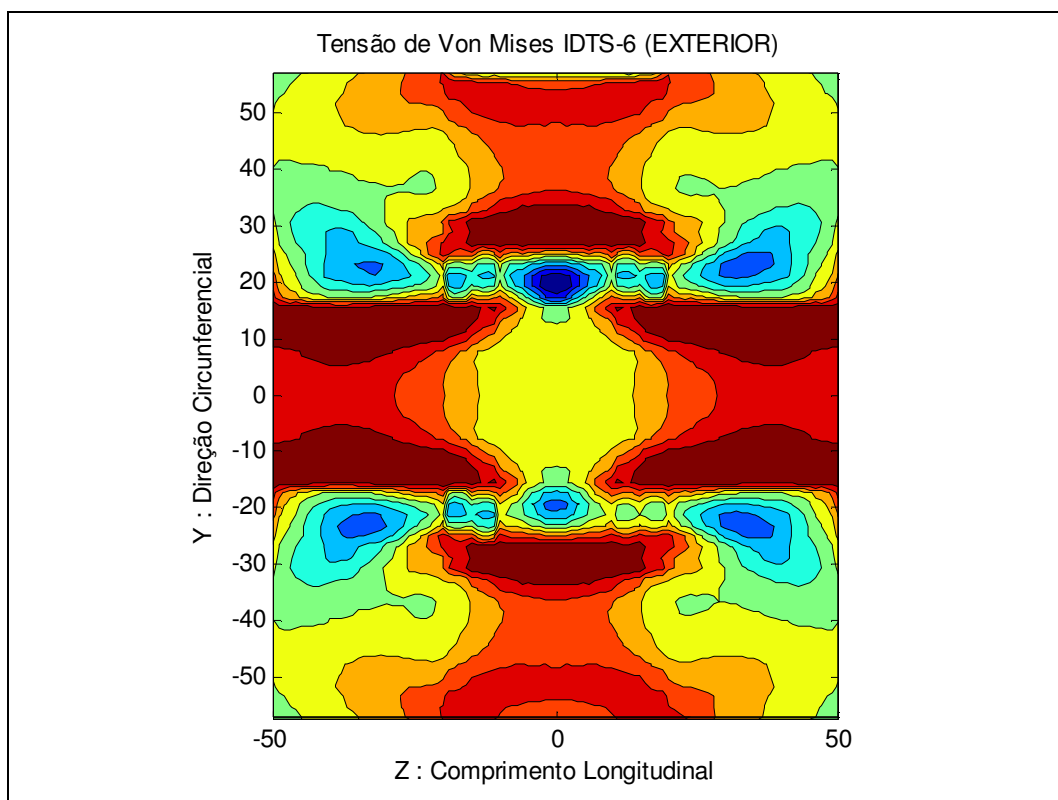
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-5



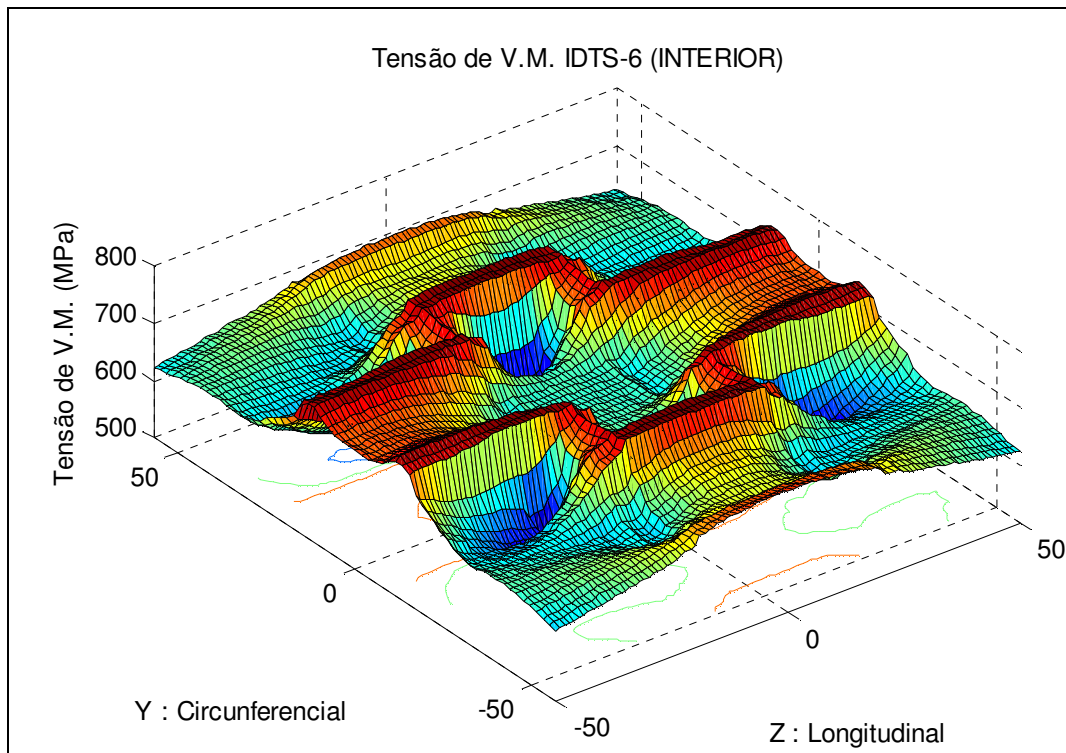
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-5



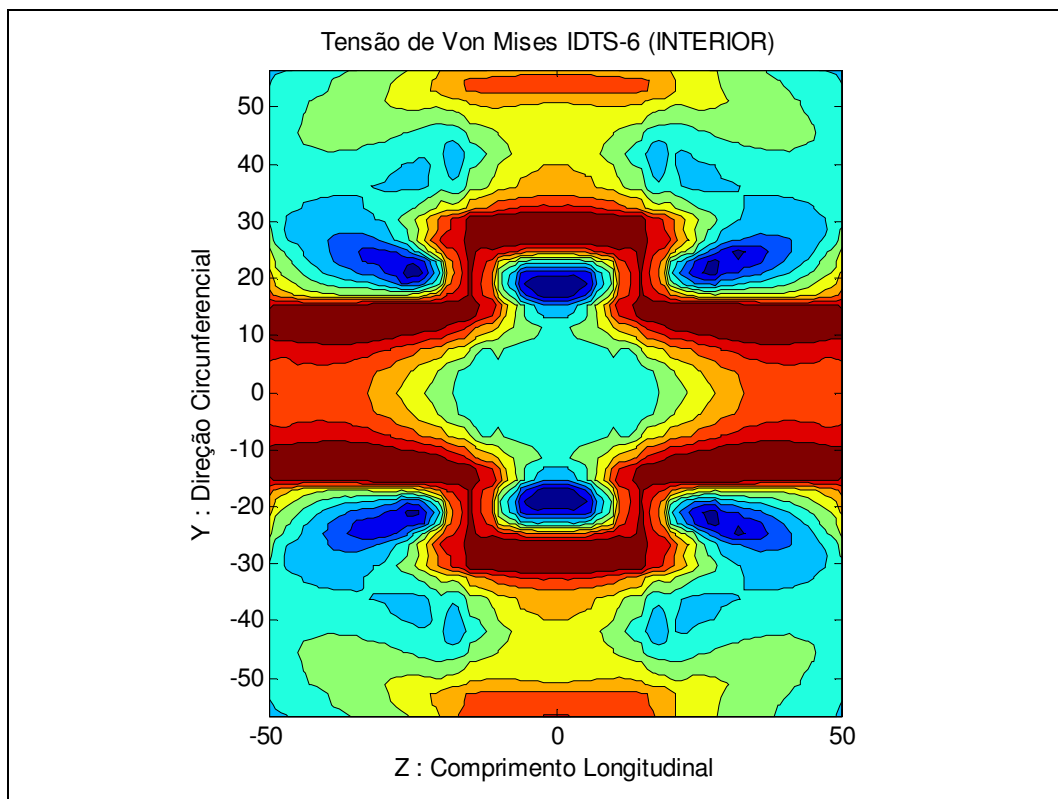
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-6



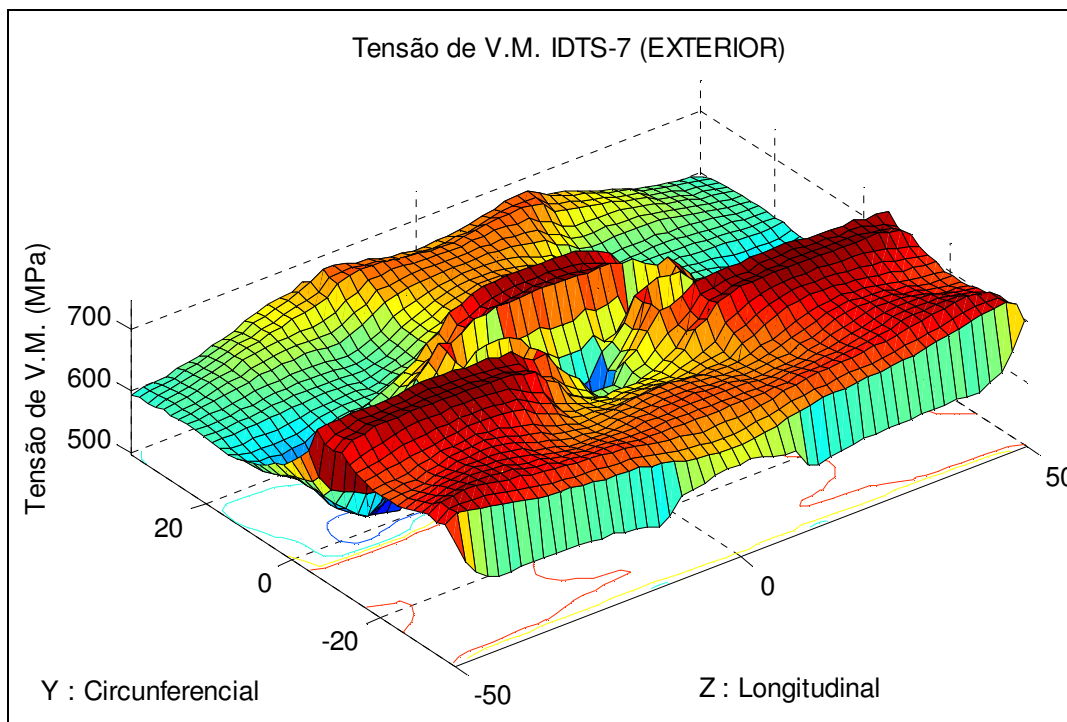
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-6



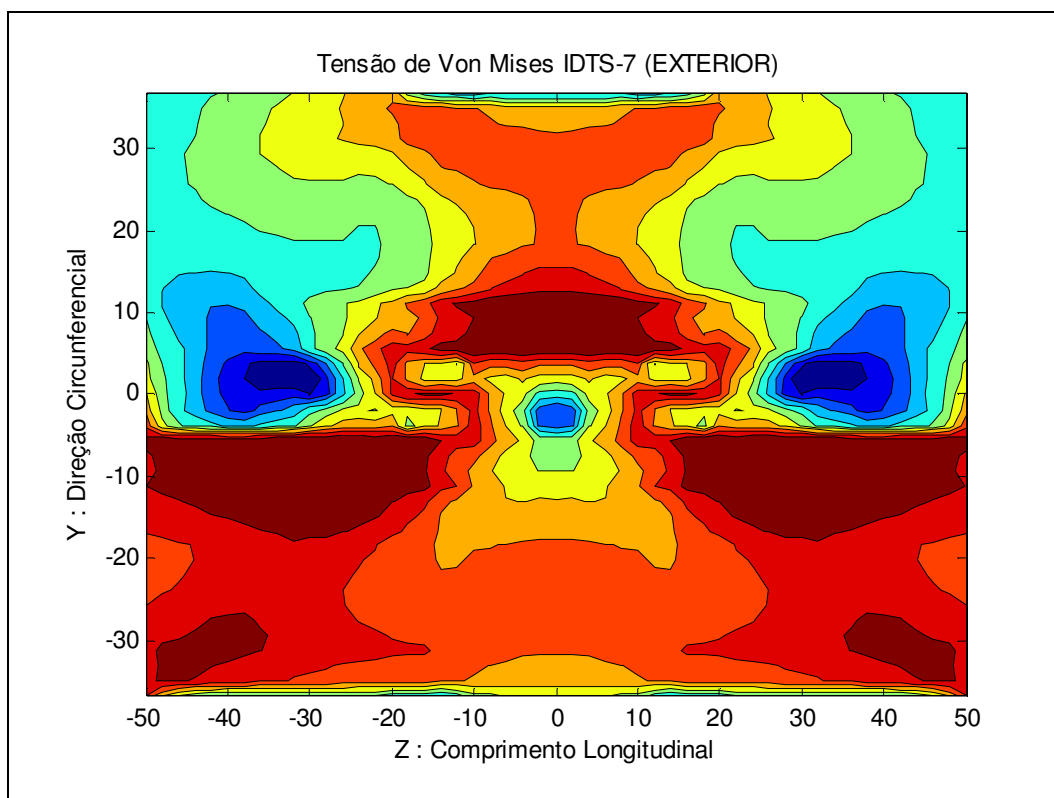
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-6



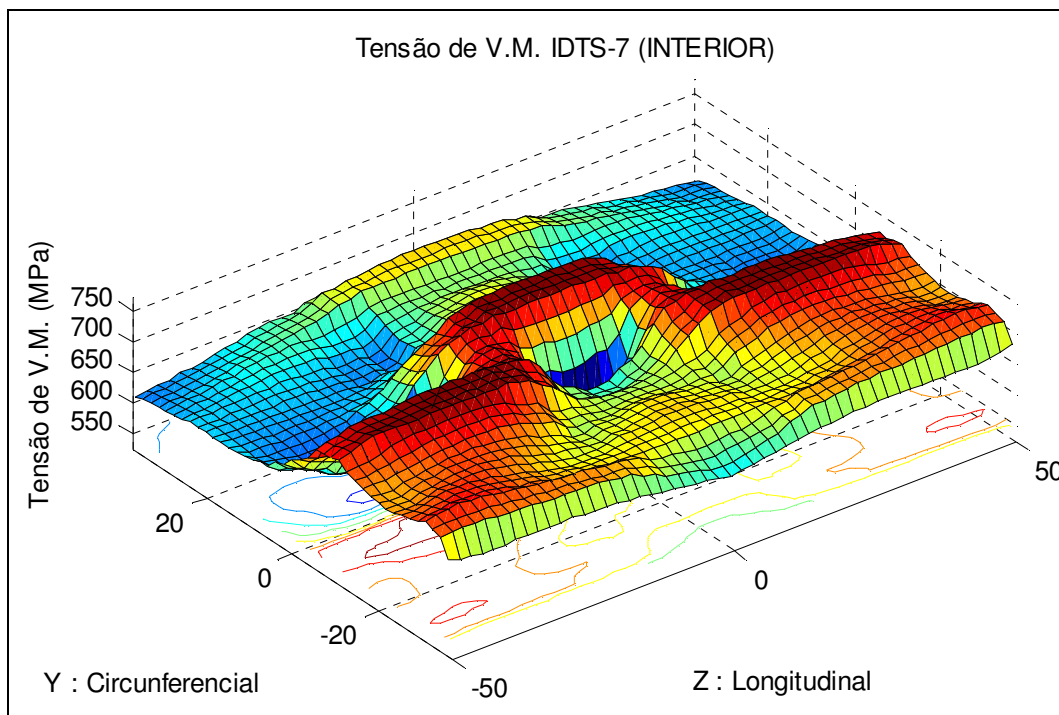
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-6



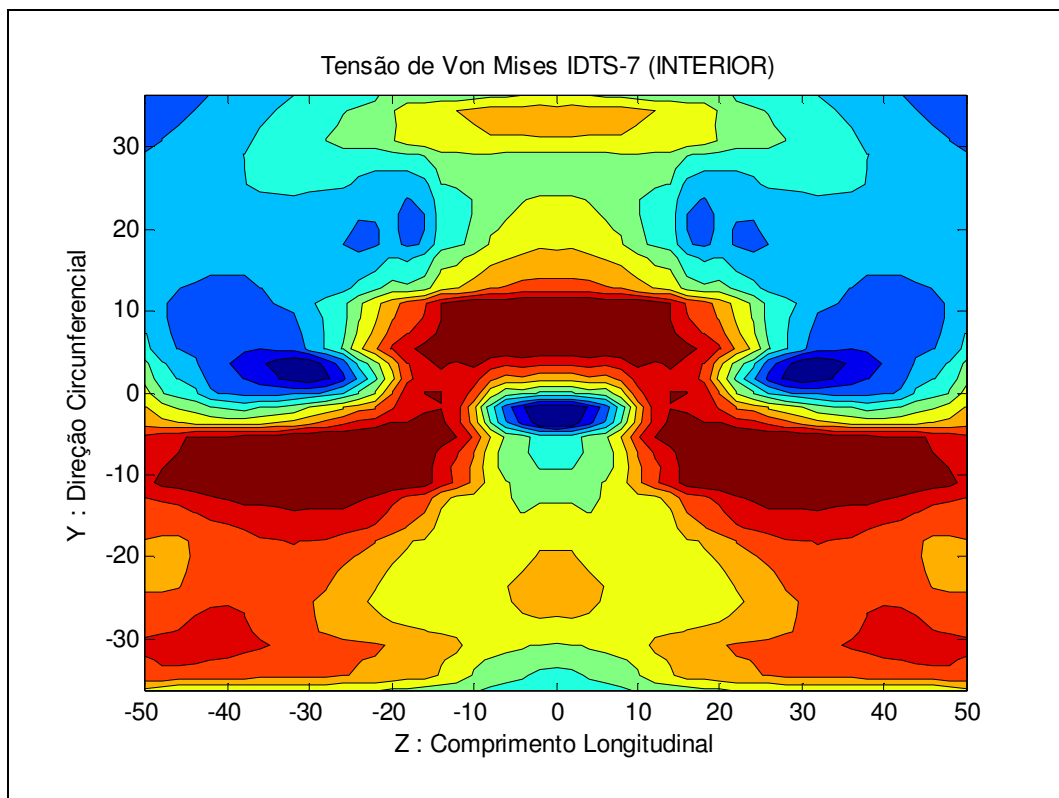
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-7



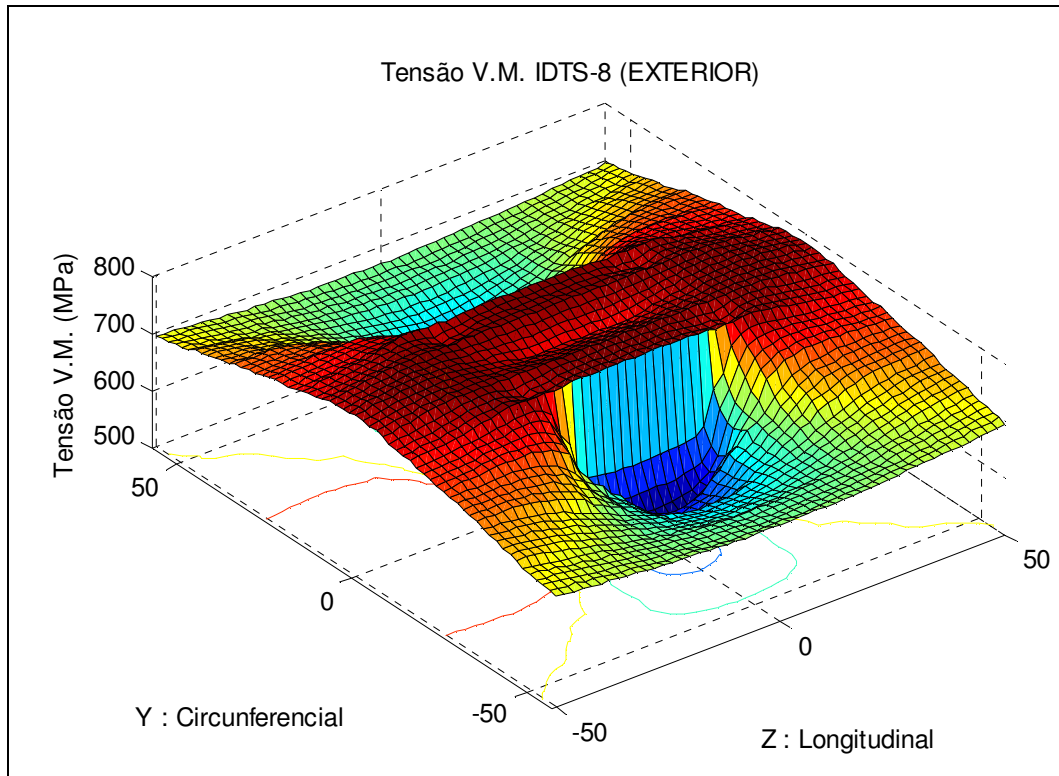
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-7



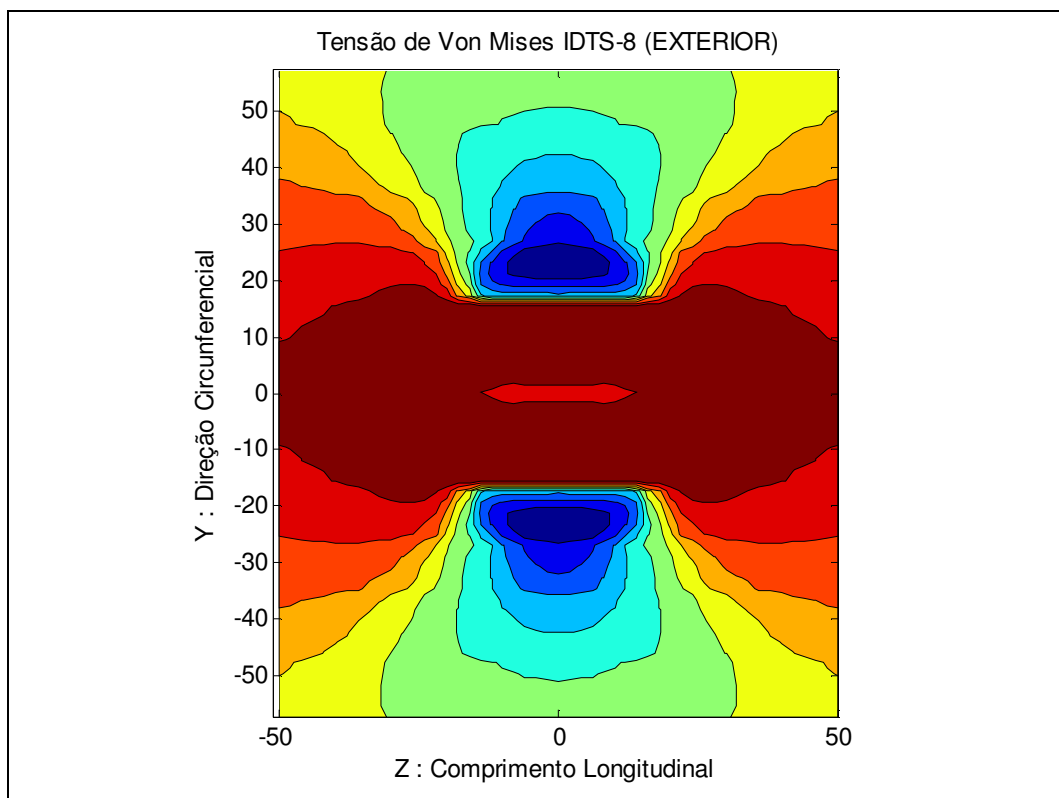
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-7



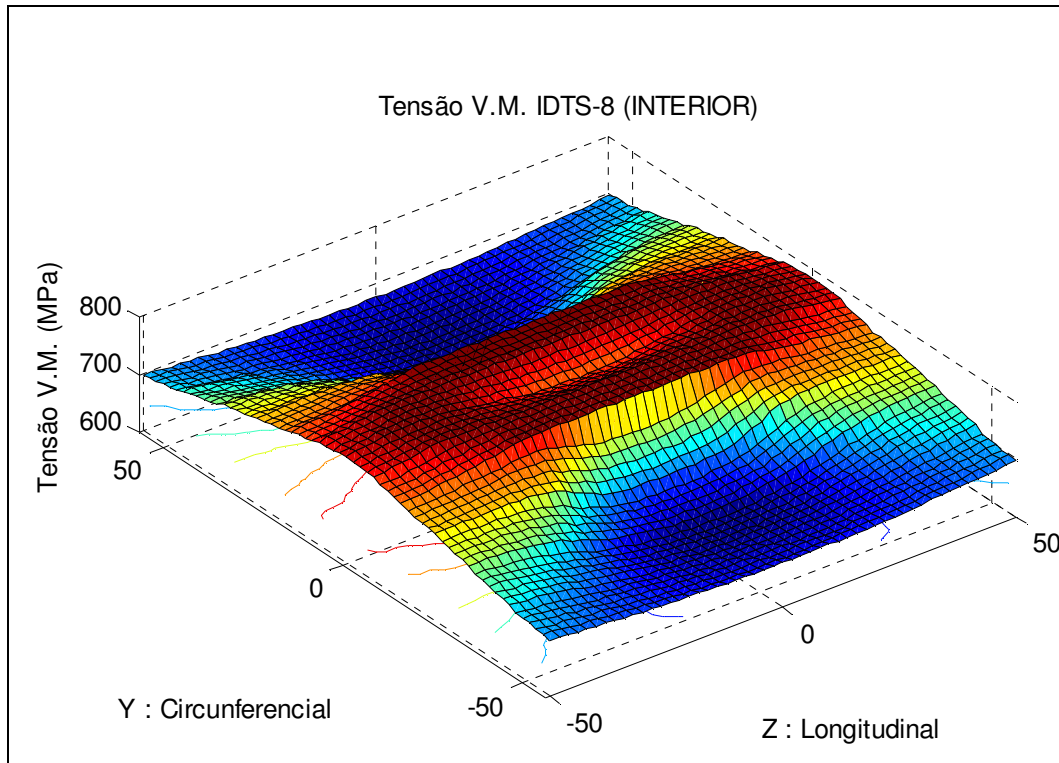
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-7



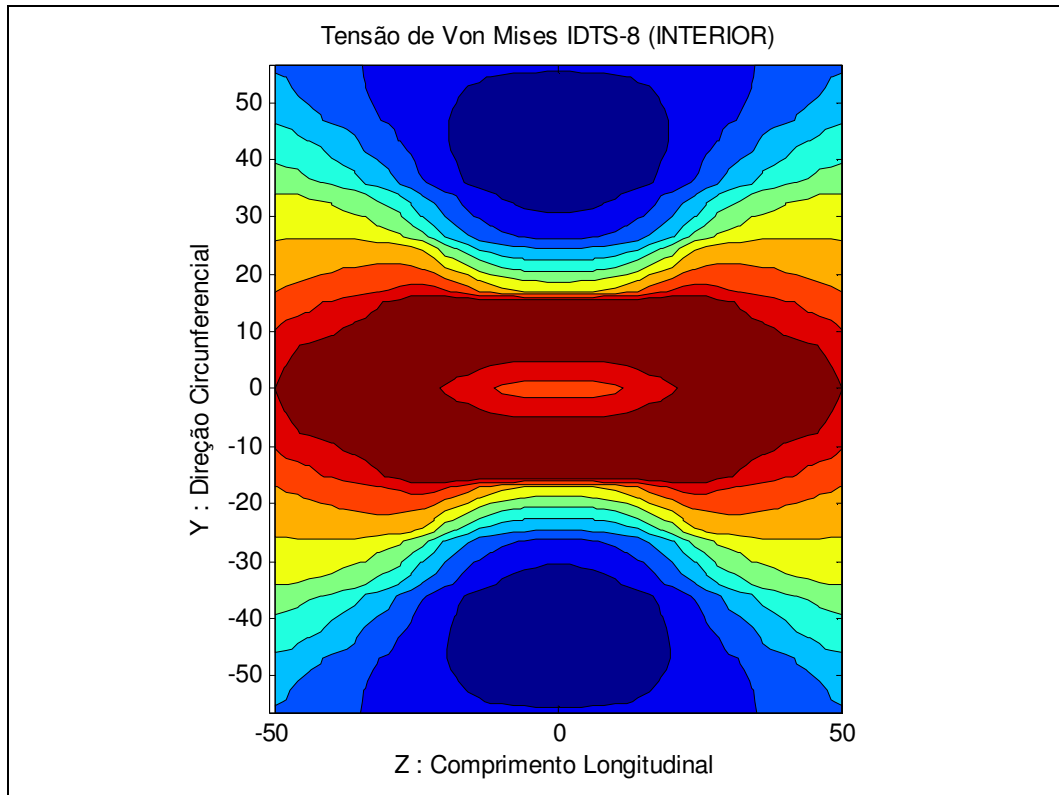
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-8



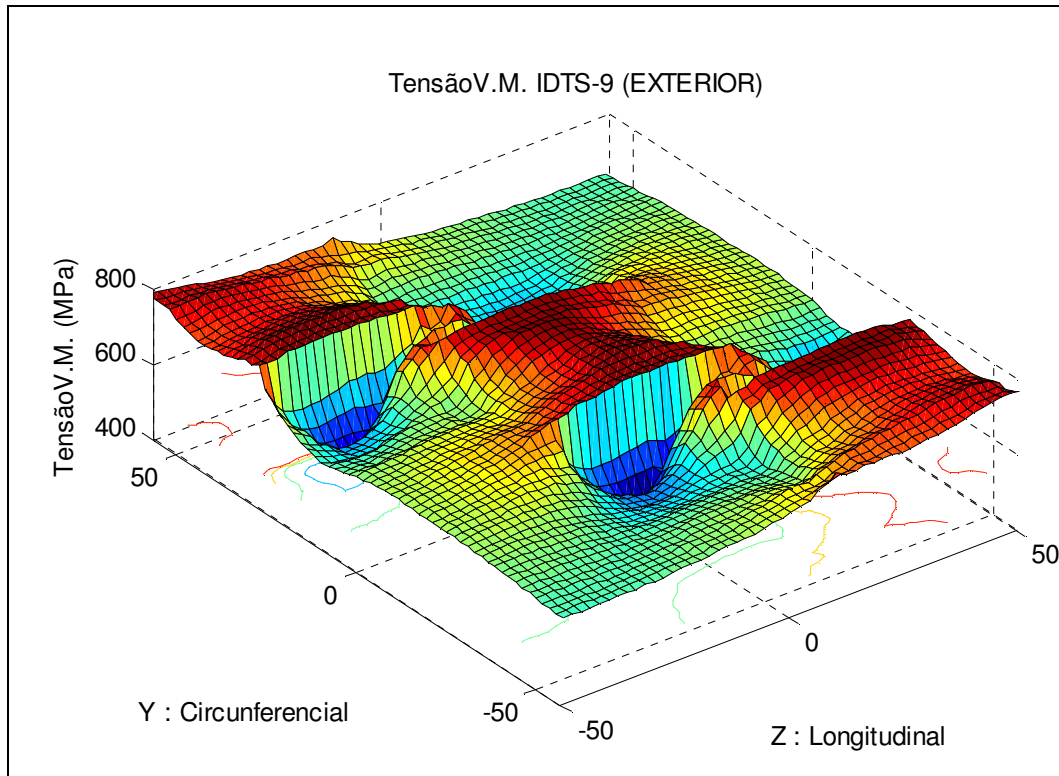
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-8



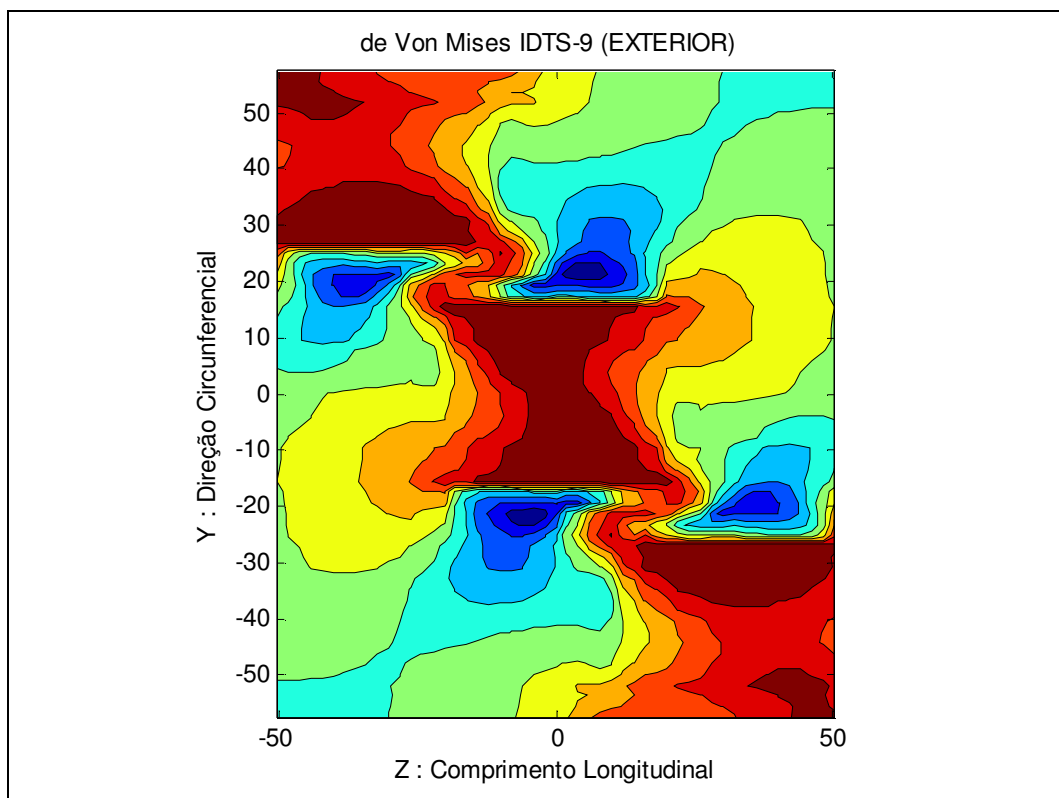
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-8



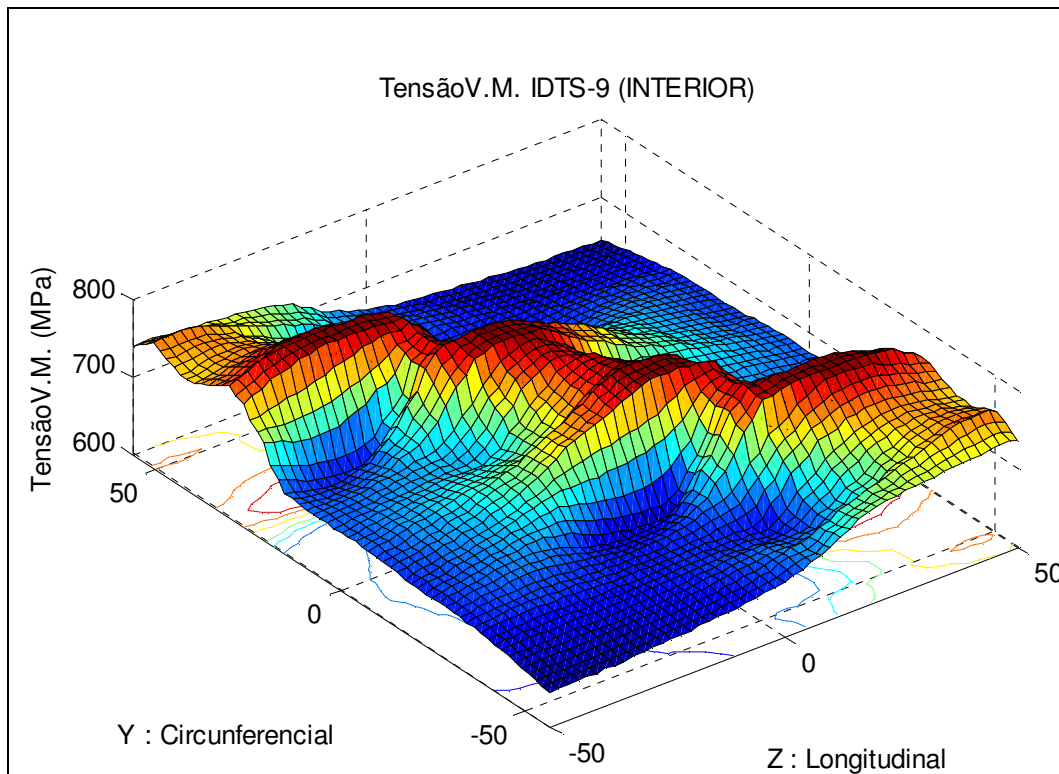
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-8



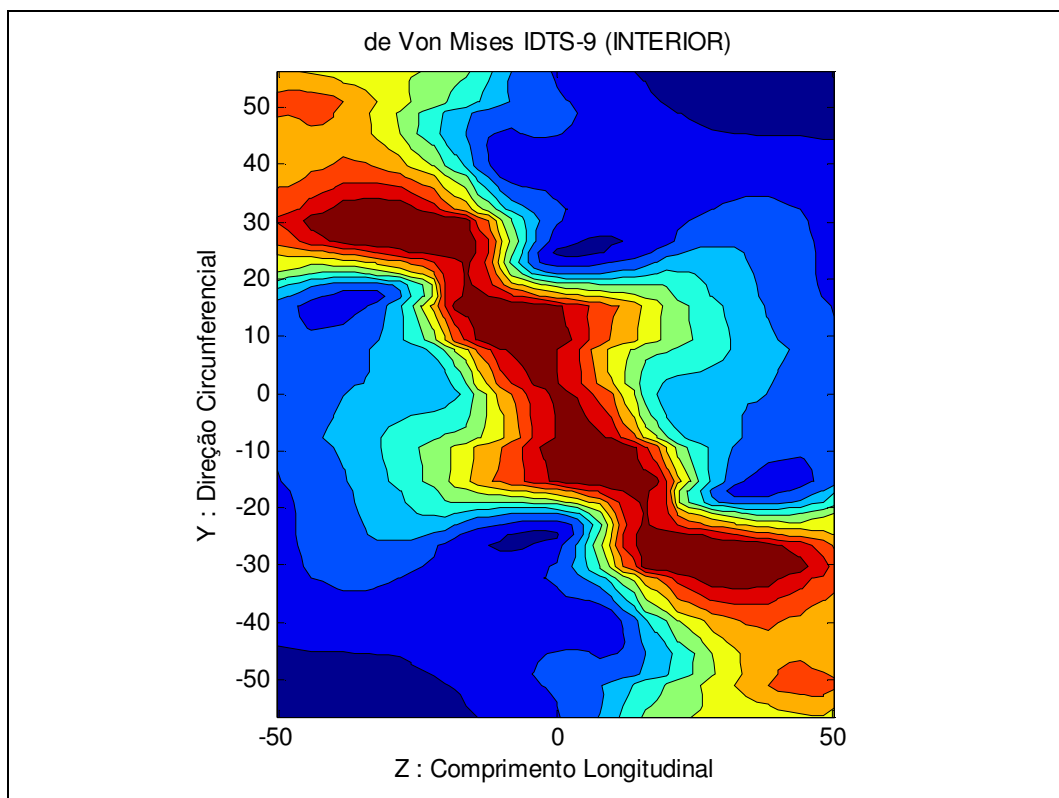
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-9



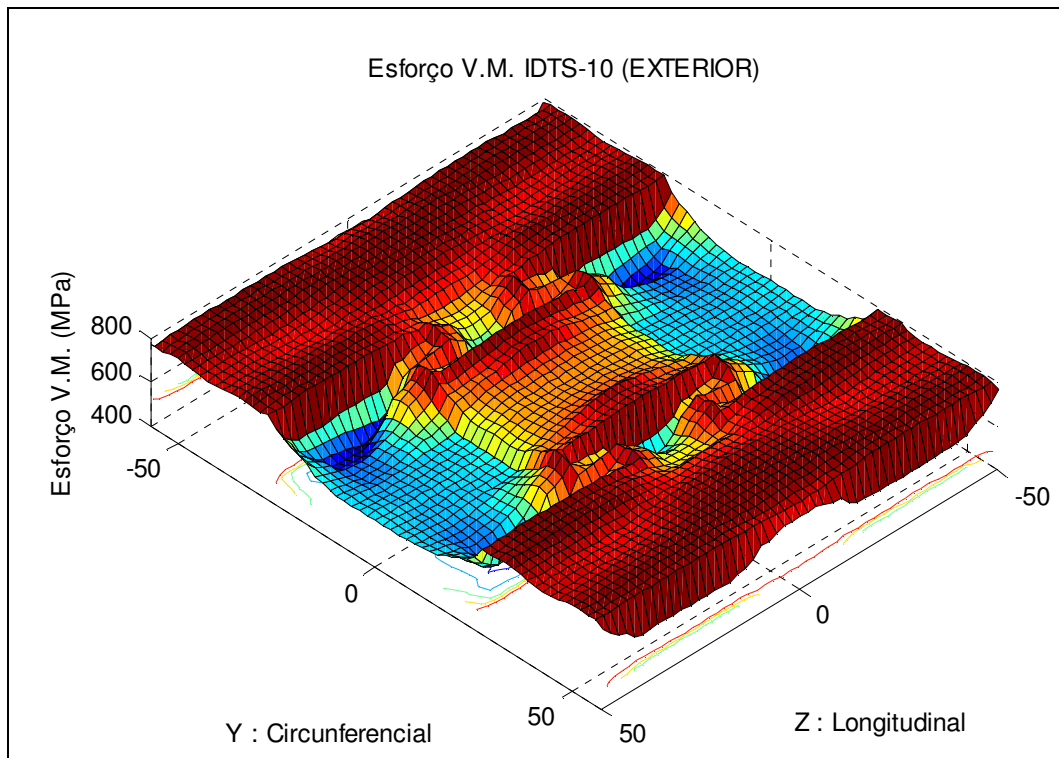
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-9



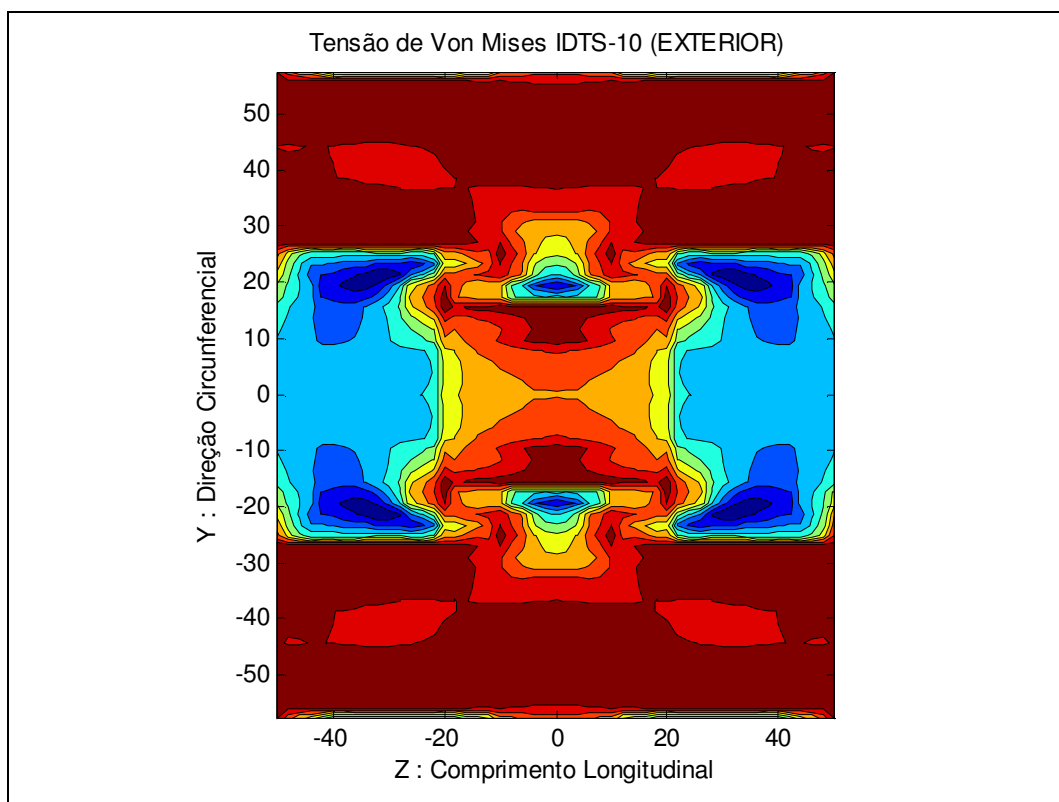
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-9



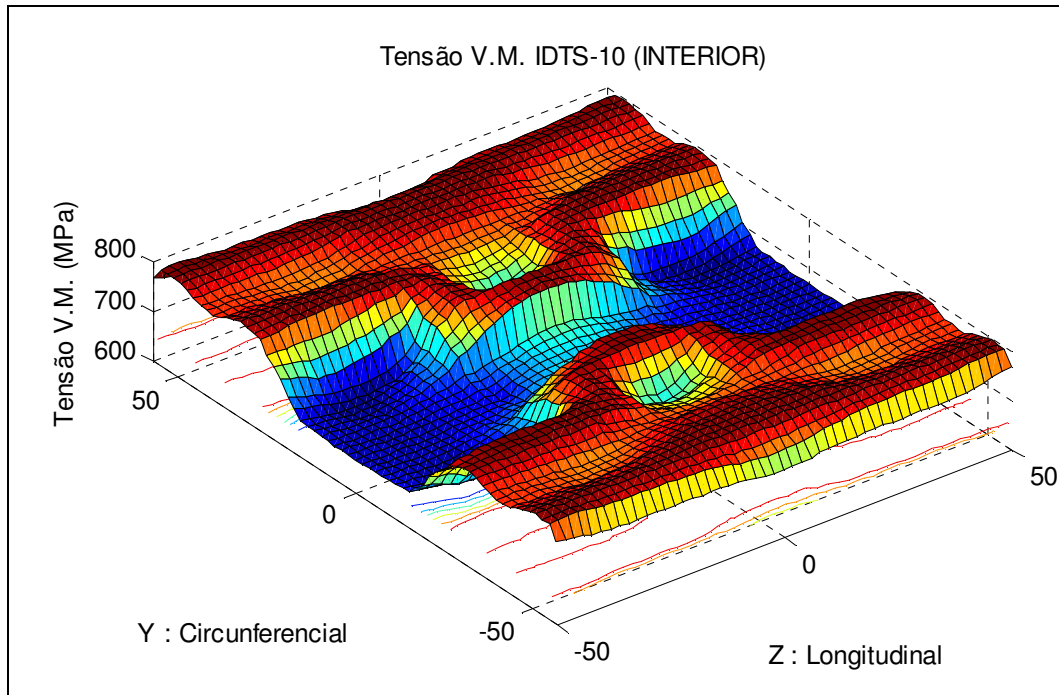
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-9



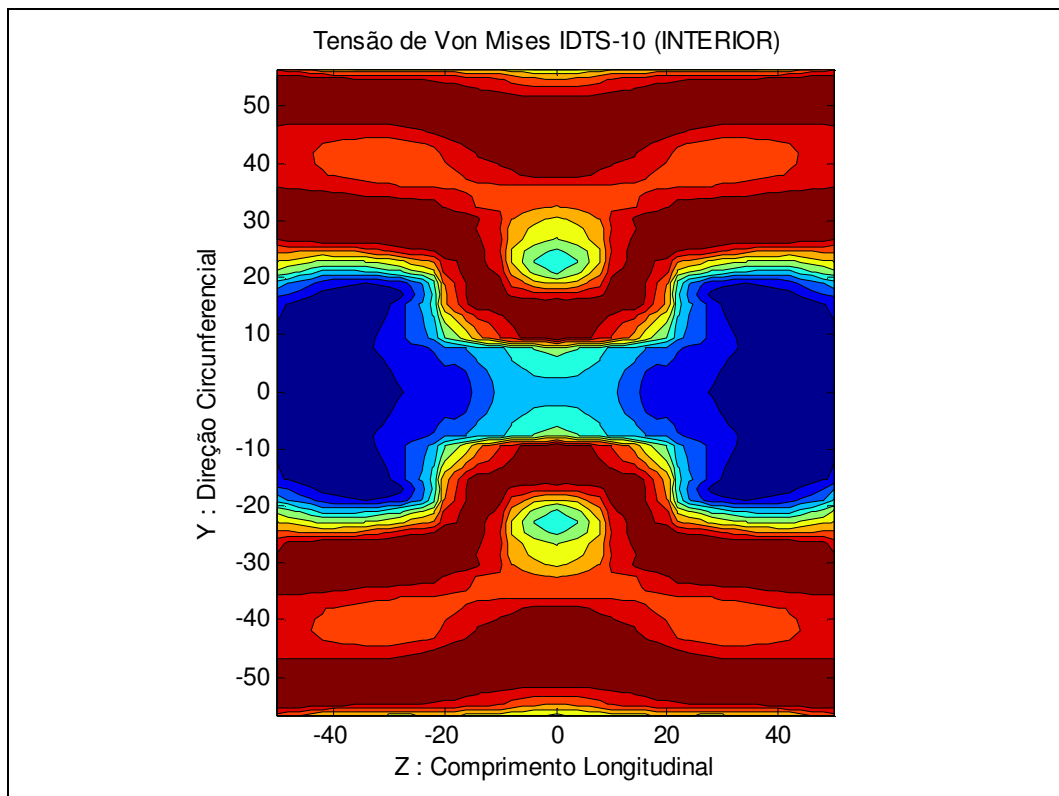
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-10



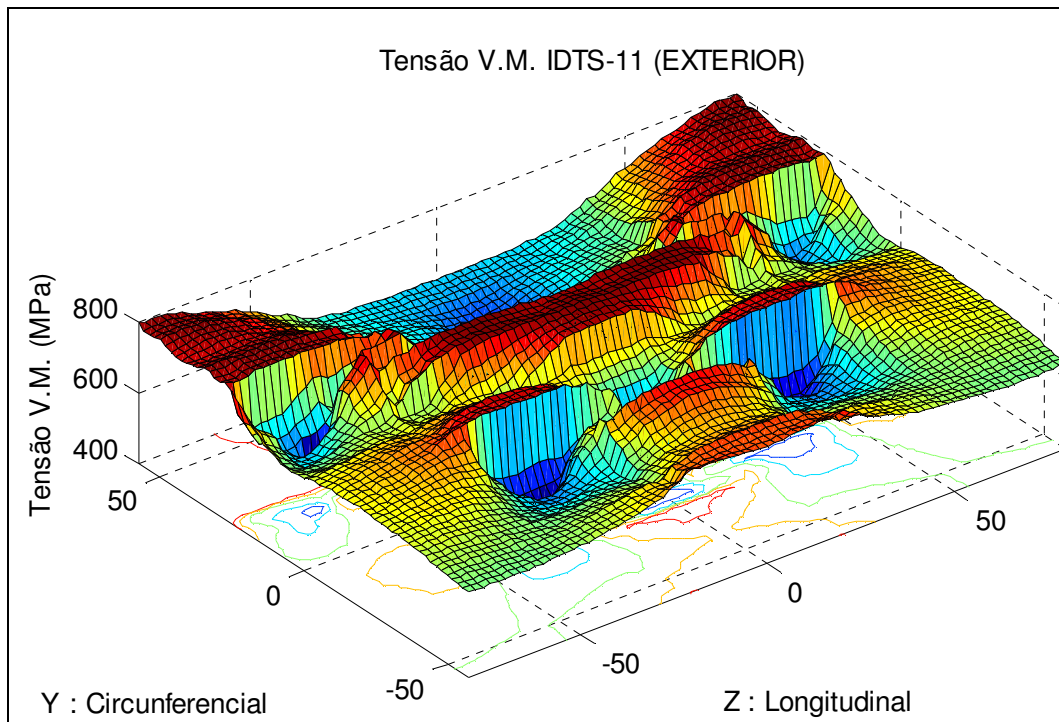
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-10



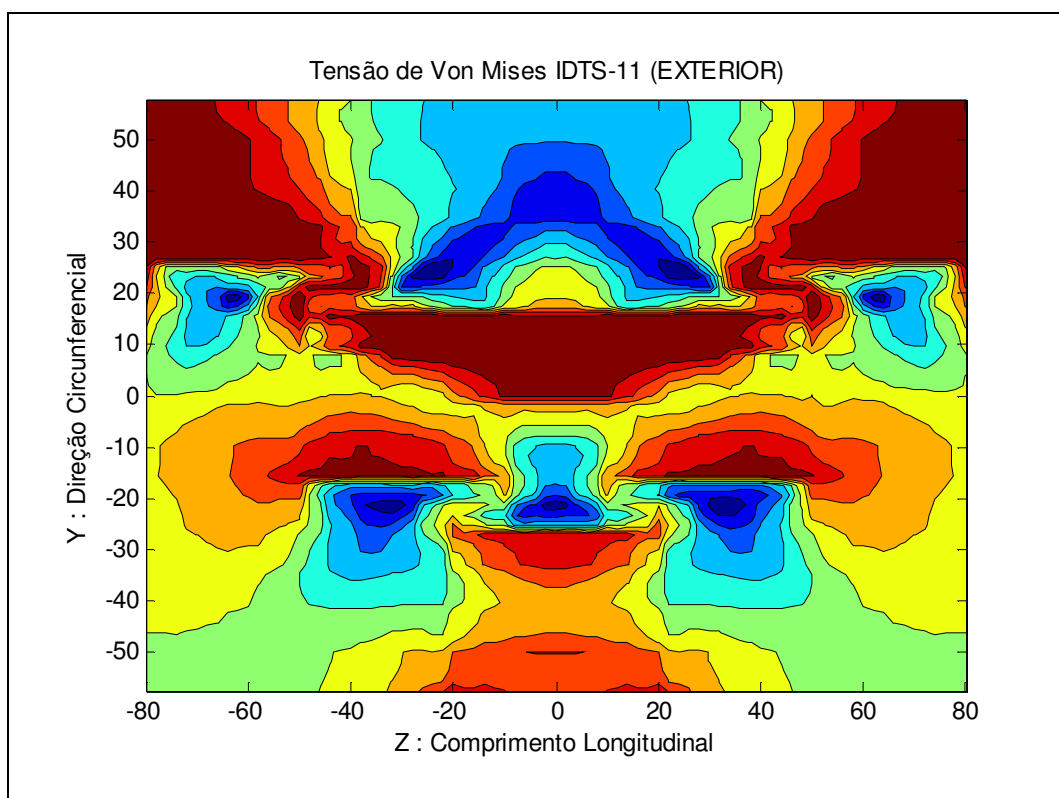
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-10



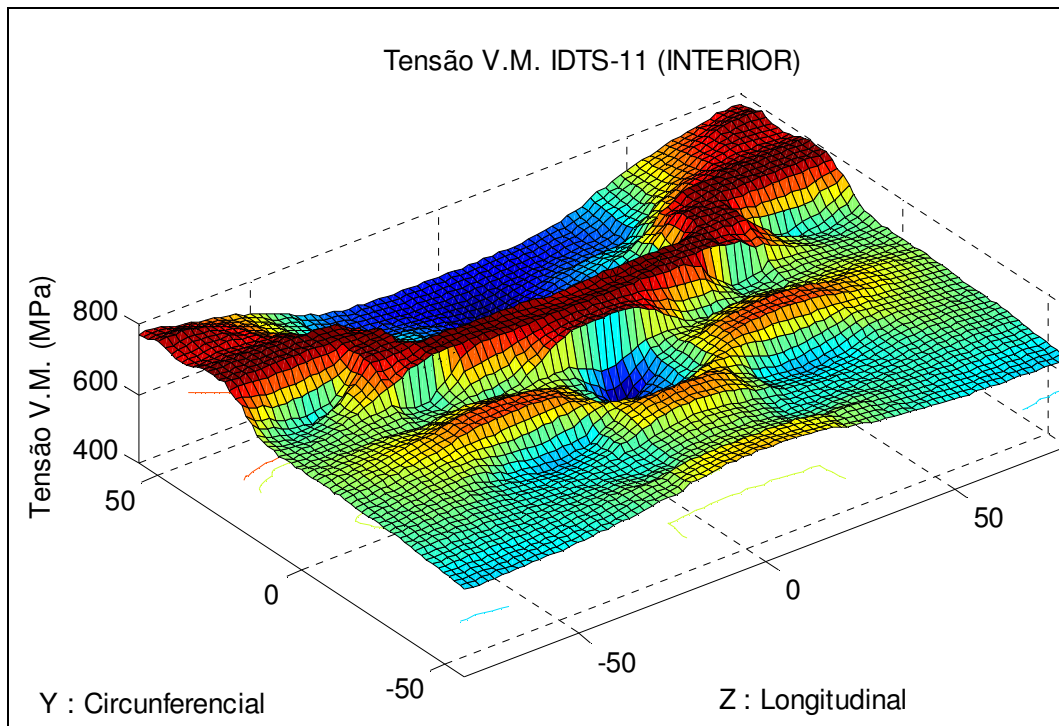
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-10



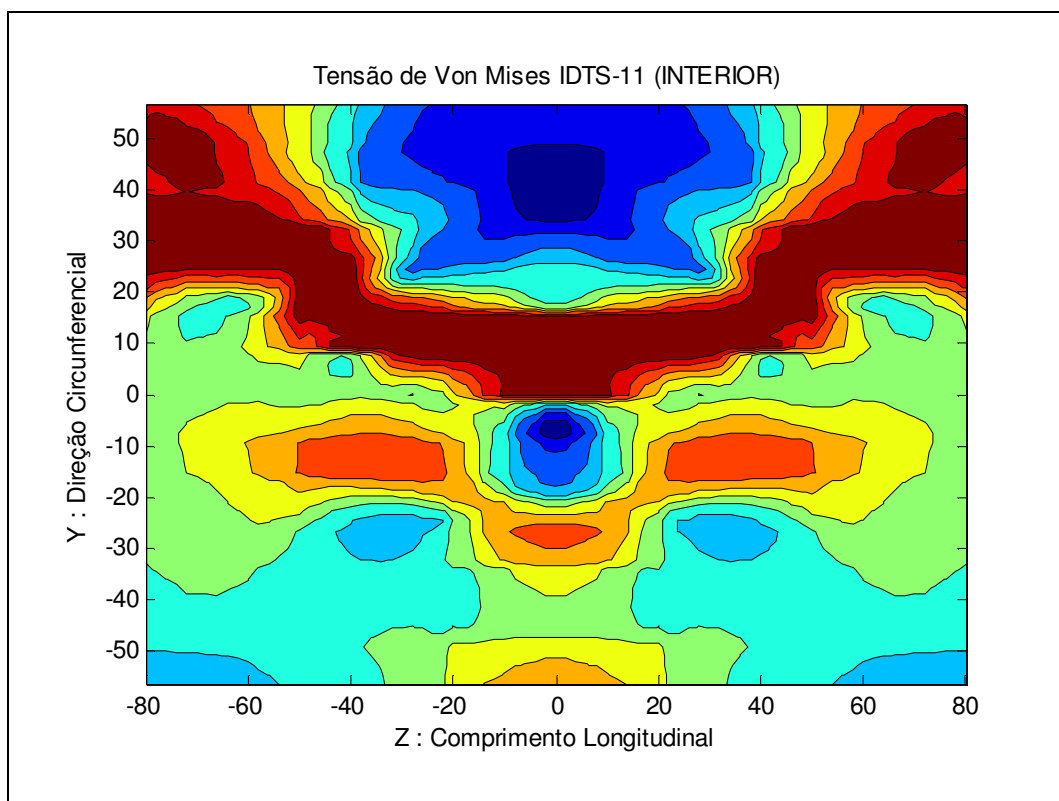
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-11



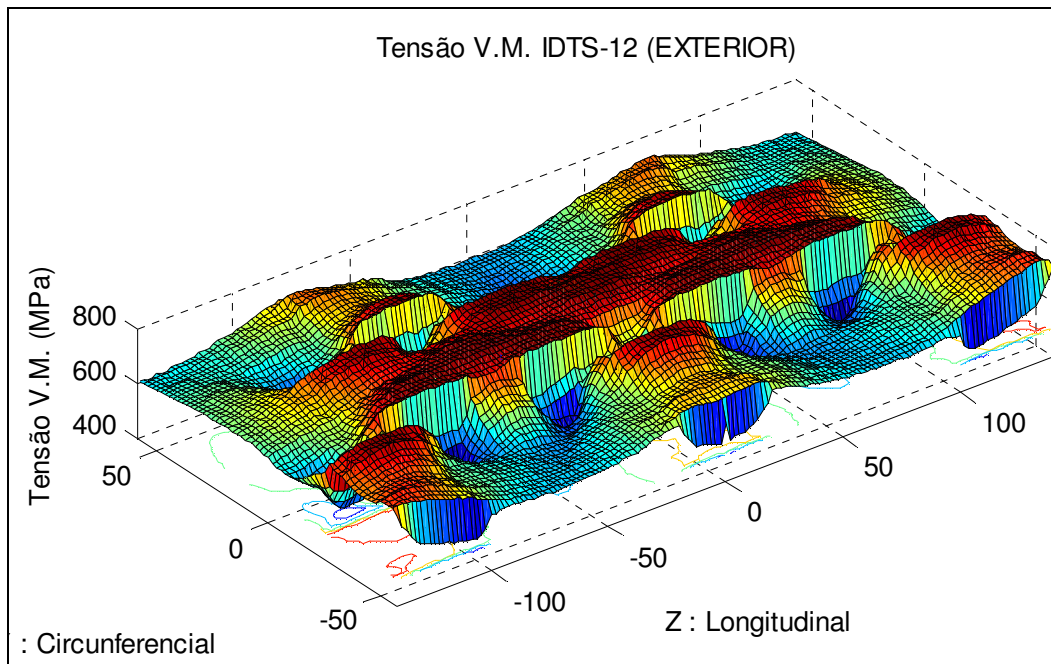
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-11



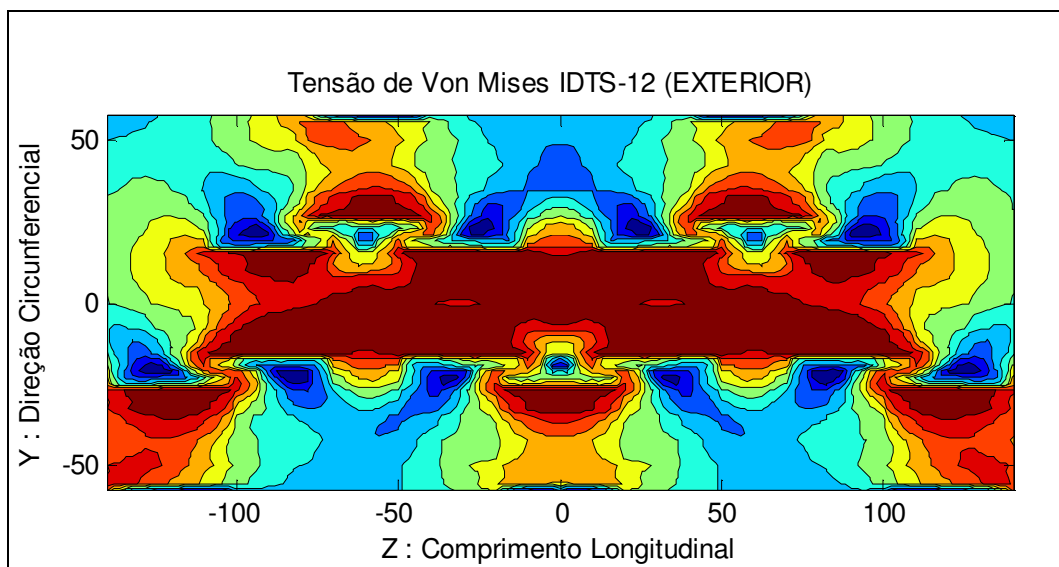
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-11



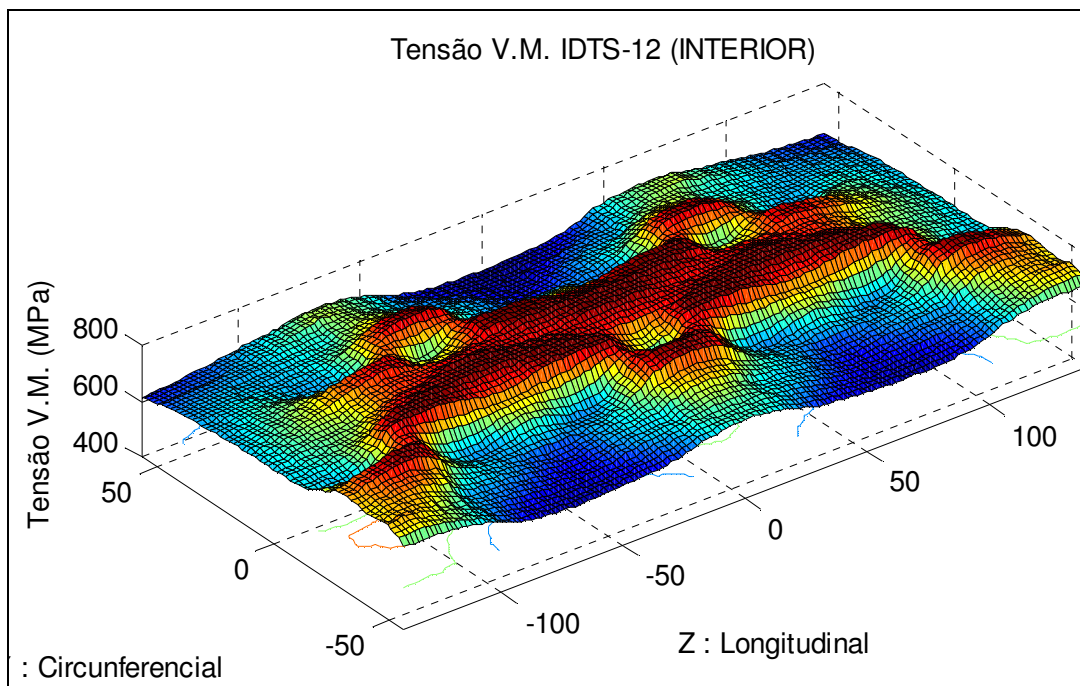
Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-11



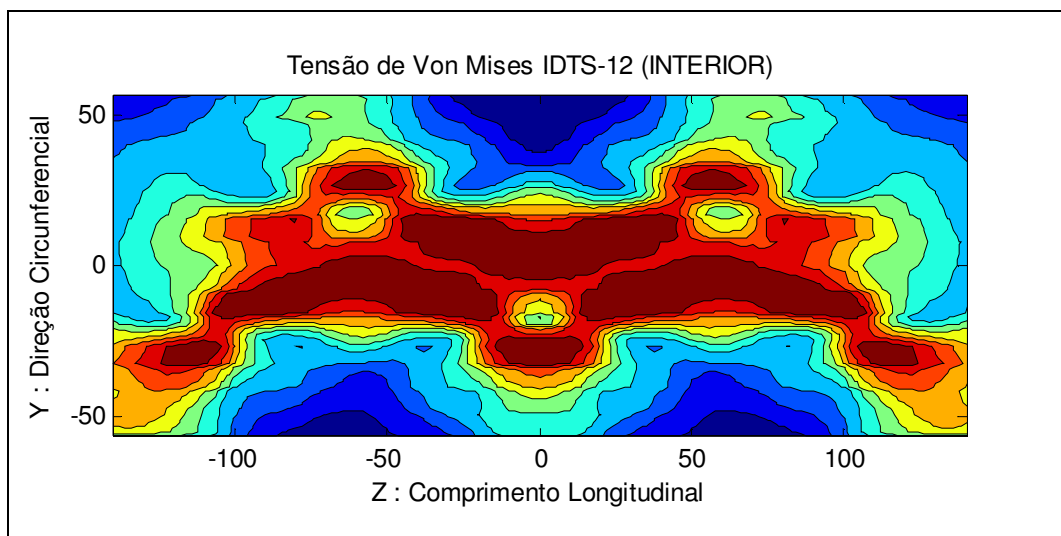
Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-12



Tensões de von Mises da camada exterior para IDTS-12



Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-12



Tensões de von Mises da camada interior para IDTS-12